



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 204 206.2**
(22) Anmeldetag: **07.03.2014**
(43) Offenlegungstag: **18.09.2014**

(51) Int Cl.: **B60W 30/14 (2006.01)**
B60W 50/10 (2012.01)
B60W 50/14 (2012.01)
B60W 40/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
13/799,934 **13.03.2013** **US**

(71) Anmelder:
**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,
US**

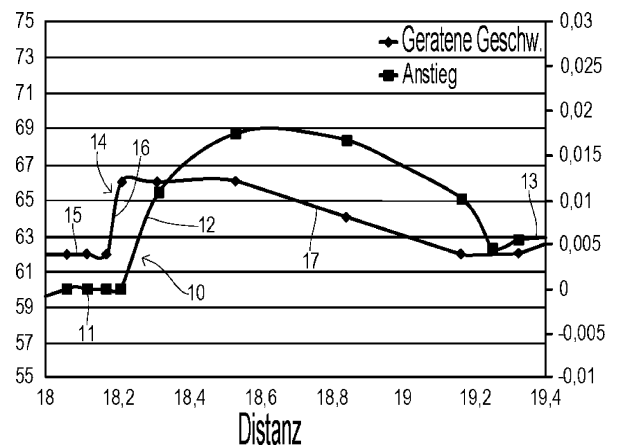
(74) Vertreter:
Dörfler, Thomas, Dr.-Ing., 50735 Köln, DE

(72) Erfinder:
**Filev, Dimitar P., Novi, Mich., US; Michelini, John
O., Sterling Heights, Mich., US; Szwabowski,
Steven J., Northville, Mich., US; McNeille, Perry
R., Lathrup Village, Mich., US; Di Cairano,
Stefano, Somerville, Mass., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **FAHRWEGNAVIGATION MIT OPTIMALEM GESCHWINDIGKEITSPROFIL**

(57) Zusammenfassung: Der Energieverbrauch eines Fahrzeugs wird während des Fahrens einer aus Straßensegmenten zusammengefügte Strecke zwischen einer ersten Position und einem Zielort optimiert. Ein Geschwindigkeitsprofilgenerator befindet sich zumindest teilweise außerhalb des Fahrzeugs und verwendet zur Berechnung eines Profils für optimale Geschwindigkeit ein Energieverbrauchsmodell des Fahrzeugs zusammen mit der Strecke entsprechenden Straßenanstiegsdaten. Das Geschwindigkeitsprofil gibt Zielgeschwindigkeiten für jeweilige Stellen auf der Strecke zum Durchfahren der Strecke mit einem optimierten Energieverbrauch an. Der Geschwindigkeitsprofilgenerator vergleicht den Energieverbrauch für mehrere denkbare Geschwindigkeitsprofiltrajektorien zwischen einer Höchsttrajektorie und einer Mindesttrajektorie, um das Profil für optimale Geschwindigkeit zu identifizieren. Ein Geschwindigkeitsaktualisierer reagiert auf eine aktuelle Position des Fahrzeugs und das Profil für optimale Geschwindigkeit, um die Zielgeschwindigkeit für die aktuelle Position auszulösen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung der Geschwindigkeit von Transportfahrzeugen, um die Energieeffizienz zu optimieren, und insbesondere Cloud-Computing zur Definition von Profilen für optimale Geschwindigkeit auf der Basis eines identifizierten Fahrwegs und entsprechenden Straßenbedingungen, wie Straßenneigung.

[0002] Fahrzeughersteller zielen stets auf einen minimierten Energieverbrauch beim Fahren eines Fahrzeugs ab (z. B. Maximieren der pro Einheit Benzin gefahrenen Distanz bei einem Benzinfahrzeug oder der pro Einheit der elektrischen Aufladung gefahrenen Distanz bei einem Elektrofahrzeug). Zu wichtigen Einflüssen auf die Effizienz zählen die jeweilige Geschwindigkeit des Fahrzeugs, Straßenneigungsänderungen entlang der gefahrenen Strecke sowie Verkehrsbedingungen. Systeme mit automatischer Geschwindigkeitsregelung (d. h. Geschwindigkeitsregelmittel) können sich günstig auf den Kraftstoffverbrauch auswirken, indem die Beschleunigungsdauer des Fahrzeugs, insbesondere bei Fahrten auf der Autobahn, reduziert wird. Bei Beibehaltung einer einzigen Geschwindigkeitseinstellung bei Straßenneigungen, bei denen ein Berg hoch- und runtergefahren wird, wird jedoch mehr Kraftstoff verbraucht, als wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit zur Nutzung von Straßenneigungsänderungen zur Optimierung des Kraftstoffverbrauchs verändert werden kann. Falls bevorstehende Änderungen der Straßenneigung im Voraus bekannt sind (zum Beispiel von GPS-basierten Karten und Vorausplanung der Strecke), können zeitweilige Verschiebungen in die Geschwindigkeitseinstellung eingeführt werden, die den Energieverbrauch entsprechend verbessern. Nähert man sich einer neuen Neigungstopologie, können Geschwindigkeitsveränderungen identifiziert und realisiert werden, um die zum Durchfahren verbrauchte Energie zu reduzieren. Aufgrund ihres beschränkten Umfangs oder Horizonts erreichen derzeitige Systeme zur Modifikation der Fahrzeuggeschwindigkeit auf der Basis von nahegelegenen Neigungsänderungen jedoch beschränkte Effizienzverbesserungen.

[0003] Bei einigen Ausführungsformen stellt die Erfindung ein Geschwindigkeitsregelungssystem bereit, das Informationen vom Fahrer (z. B. ein Fahrziel und eine ausgewählte Strecke), zusammen mit anderen zur Verfügung stehenden Quellen für Informationen, die von bordeigenen und nicht im Fahrzeug befindlichen Datenbanken (z. B. geographische Daten und Verkehrsdaten) erhältlich sind, um einen elektronischen Horizont oder eine Voraussicht auf den dem Auto vorausliegenden Weg und ein optimiertes Geschwindigkeitsprofil bereitzustellen, um den Energieverbrauch über die Strecke zu reduzieren. Es kann auf externe Informationsquellen wie V2V, intelligenten

Transportssysteme (ITS) und öffentliche Internetsites zugegriffen werden, um erforderliche Informationen (wie z. B. Echtzeitverkehr) einzuholen). Aufgrund der hohen rechnerischen Belastung werden Computerressourcen verwendet, die sich außerhalb des Fahrzeugs befinden, um die Daten auf prädiktive Modelle des Fahrzeugenergieverbrauchs anzuwenden. Durch eine Kombination aller dieser zur Verfügung stehenden Informationsquellen mit Informationen über das Fahrziel des Fahrers und die bevorzugte Fahrzeit wird ein Profil einer empfohlenen Fahrzeuggeschwindigkeit geschaffen, die eine optimale Kraftstoffeffizienz zwischen der derzeitigen Position und dem Zielort ergibt. Die Streckenauswahl kann auf einer Auswertung des Kraftstoffverbrauchs für verschiedene Streckenmöglichkeiten basieren.

[0004] Die vorliegende Erfindung berechnet das Profil für eine optimale Fahrzeuggeschwindigkeit unter Verwendung einer dynamischen Programmierung, um das Profil einer optimalen Fahrzeuggeschwindigkeit über einen vordefinierten Weg hinweg zu bestimmen, indem deterministische Informationen über die lokalen Verkehrsvolumen und Geschwindigkeiten und verschiedene Eigenschaften der Straße (zum Beispiel die Straßenneigung) entlang des Wegs, die auf ein Modell des Fahrzeugkraftstoffverbrauchs angewendet werden, in Betracht gezogen werden. Da dynamische Programmierung rechnerisch intensiv ist, liegt es außerhalb der im Fahrzeug vorhandenen Rechnerfähigkeit. Die Erfindung verwendet Ressourcen, die drahtlos zur Verfügung stehen (zum Beispiel über das Internet), und lädt die Ergebnisse zur Anwendung durch das Geschwindigkeitsregelungssystem an das Fahrzeug runter. Das Profil für optimale Geschwindigkeit verbessert die Kraftstoffwirtschaftlichkeit über das Niveau hinaus, welches von herkömmlichen Geschwindigkeitsregelungssystemen, die eine konstante Geschwindigkeit anzielen, erhältlich ist.

[0005] Bei einem Aspekt der Erfindung umfasst ein System zur Optimierung von Energieverbrauch eines Fahrzeugs einen Streckenrechner zum Zusammenfügen von Straßensegmenten zu einer Strecke von einer ersten Position zu einem Zielort. Ein Geschwindigkeitsprofilgenerator befindet sich zumindest teilweise außerhalb des Fahrzeugs und verwendet zur Berechnung eines Profils für optimale Geschwindigkeit ein Energieverbrauchsmodell des Fahrzeugs zusammen mit der Strecke entsprechenden Straßenanstiegsdaten. Das Geschwindigkeitsprofil gibt Zielgeschwindigkeiten für jeweilige Stellen auf der Strecke an, damit die Strecke mit einem optimierten Energieverbrauch abgefahren werden kann. Der Geschwindigkeitsprofilgenerator vergleicht den Energieverbrauch für mehrere denkbare Geschwindigkeitsprofiltrajektorien zwischen einer Höchsttrajektorie und einer Mindesttrajektorie, um das Profil für optimale Geschwindigkeit zu identifizieren. Ein Ge-

schwindigkeitsaktualisierer reagiert auf eine aktuelle Position des Fahrzeugs und das Profil für optimale Geschwindigkeit, um die Zielgeschwindigkeit für die aktuelle Position auszulösen.

[0006] Fig. 1 zeigt einen Graph, der ein Geschwindigkeitsprofil zeigt, im Vergleich mit einer sich verändernden Straßenneigung, wobei das Geschwindigkeitsprofil zu einer besseren Kraftstoffwirtschaftlichkeit als eine konstante Geschwindigkeit führt.

[0007] Fig. 2 zeigt eine Anzeige einer Mensch-Maschinen-Schnittstelle zur Bereitstellung von Informationen zu dem Profil für empfohlene Geschwindigkeit an einen Fahrer.

[0008] Fig. 3 zeigt ein Blockdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

[0009] Fig. 4 zeigt einen Graph eines Raums, der denkbare Geschwindigkeitsprofile enthält.

[0010] Fig. 5 ist ein Teil eines Graphs von mehreren möglichen Geschwindigkeitsprofilen zum Vergleich.

[0011] Fig. 6 zeigt einen Graph mit oberen und unteren Grenzen für Geschwindigkeitsprofile, darunter erwartete Verkehrsstopps entlang einer Strecke.

[0012] Fig. 7 zeigt ein auszuwertendes Energieverbrauchsmodell bzw. eine auszuwertende Kostenfunktion der vorliegenden Erfindung.

[0013] Fig. 8 zeigt einen Graph eines Profils für optimale Geschwindigkeit.

[0014] Fig. 9 zeigt ein Blockdiagramm von im Fahrzeug und außerhalb eines Fahrzeugs befindlichen Ressourcen zur Realisierung der Erfindung.

[0015] Fig. 10 zeigt ein Blockdiagramm zur ausführlicheren Darstellung einer Optimierungssteuerung.

[0016] Fig. 11 zeigt einen Graph eines Profils für optimale Geschwindigkeit mit der eigentlichen Geschwindigkeit, wie sie durch einen Fahrer implementiert wird, und einer Akzeptanzzone zum Bestimmen, ob der Fahrer dem empfohlenen Profil folgt.

[0017] Fig. 12 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Aktualisierung eines Geschwindigkeitsprofils, wenn ein aktuelles Profil von dem Fahrer abgewiesen wurde.

[0018] Fig. 13 zeigt einen Graph eines überarbeiteten Geschwindigkeitsprofils, um die Fahrerakzeptanz zu erhöhen.

[0019] Fig. 14 ist ein Flussdiagramm eines bevorzugten Verfahrens der Erfindung.

[0020] Bei der vorliegenden Erfindung handelt es sich um einen Ratgeber zur optimalen Kraftstoffwirtschaftlichkeit, der Cloud-basierte Ressourcen verwendet, um ein Profil für optimale Geschwindigkeit zu finden, welches zu einer verbesserten realen Kraftstoffwirtschaftlichkeit führt. Die Erfindung verwendet verschiedene Arten von erhältlichen Informationen, darunter Streckendaten, Straßenneigung, Verkehr und Fahrzeuginformationen, in einem dynamischen Programmier(DP)-Prozess oder einer anderen deterministischen Optimierungstechnik zum Bestimmen eines Geschwindigkeitsprofils, der die Kraftstoffwirtschaftlichkeit optimiert. Ein präziser Wert für die empfohlene Zielgeschwindigkeit wird zur Implementierung entweder direkt, in einem adaptiven Geschwindigkeitsregelmittel, oder durch Bereitstellung der empfohlenen Geschwindigkeit für den Fahrer mittels eines Head-Up-Displays, haptischen Feedbacks oder anderer wahrnehmbarer Mittel bereitgestellt. Ein Geschwindigkeitsprofil, das die gesamte Strecke, der bis zu einem aktuellen Fahrziel gefolgt wird, abdeckt, wird in seiner Gesamtheit in Betracht gezogen, um die beste durchschnittliche Kraftstoffwirtschaftlichkeit zu erzielen.

[0021] Fig. 1 veranschaulicht eine Kurve **10**, die eine Straßenneigungsveränderung repräsentiert, die einen relativ ebenen (0 % Neigung) Abschnitt **11** vor dem Befahren eines steilen Anstiegsbereichs **12** aufweist. Danach fällt die Neigung zu einem sanften Gefälle, und läuft bei Abschnitt **13** schließlich wieder einen Anstieg hinauf. Die Straßenneigung kann von einem Fahrzeug mit einem niedrigeren Energieverbrauch (im Vergleich zur Befolgung einer konstanten Geschwindigkeit) abgefahren werden, falls es einem Geschwindigkeitsprofil **14** folgt. Das Fahrzeug folgt anfänglich bei einem Abschnitt **15** einer gleichmäßigen Geschwindigkeit. Bevor es den Anstiegsbereich **12** erreicht, steigt das Geschwindigkeitsprofil **14** bei Segment **16** während einer Fahrt auf einer ebenen Straßenneigung an, so dass die steilere Straßenneigung mit einer schnelleren Geschwindigkeit gefahren wird. Während das Fahrzeug das Segment mit ansteigender Neigung entlang fährt, sinkt sein Geschwindigkeitsprofil entlang des Segments **17** allmählich, wodurch insgesamt weniger Energie zum Fahren des Fahrzeugs verbraucht wird.

[0022] Systeme des Stands der Technik sind bekannt, die eine bevorstehende Straßenneigung auf der Basis der aktuellen Position eines Fahrzeugs detektieren, aber sie beziehen nur eine begrenzte Distanz oder ein bestimmtes bevorstehendes Anstiegsmerkmal ein. Somit ist es bisher nicht möglich gewesen, die bestmögliche Reduzierung des Energieverbrauchs zu finden. Durch Einbeziehung der Straßenneigung bis hin zu einem Zielort und durch Einbeziehung vieler anderer Parameter, die die Kraftstoffwirtschaftlichkeit betreffen, erreicht die vorliegende Erfindung wesentlich bessere Kraftstoffeinsparungen.

[0023] Fig. 2 zeigt einen Tachometer **20**, der ein analoges Messanzeigemittel **21** und/oder ein digitales Messanzeigemittel **22** enthalten kann, um einem Fahrer die tatsächliche Fahrzeuggeschwindigkeit anzuzeigen. Bei einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann dem Fahrer eine empfohlene Zielgeschwindigkeit angezeigt werden, so dass der Fahrer seine Fahrzeuggeschwindigkeit manuell daran anpassen kann. Eine Öko-Geschwindigkeitsanzeige **23** zeigt einen numerischen Betrag der empfohlenen Zielgeschwindigkeit an. Alternativ oder in Kombination mit der numerischen Anzeige kann zur Beleuchtung jeweiliger Symbole zur Anzeige, wenn eine Beschleunigung oder Verlangsamung empfohlen wird, eine Geschwindigkeitseinstellungsanzeige **24** bereitgestellt sein. Die Anzeigen **23** und **24** können in einer Fahrzeuginstrumentengruppe enthalten sein oder können vorzugsweise dem Fahrer mit einem Head-Up-Display (HUD) angezeigt werden. Die Mensch-Maschinen-Schnittstelle (HMI – Human Machine Interface) zur Präsentation der Zielgeschwindigkeit oder der relativen Geschwindigkeitsänderungen für den Fahrer können außerdem andere haptische oder taktile Einrichtungen enthalten, wie zum Beispiel vibrierende Kontaktflächen (zum Beispiel ein haptisches Gaspedal oder Lenkrad) oder kraftgestützte Betriebssteuerungen, wie in der Technik bekannt sind.

[0024] Ein allgemeines System zur Realisierung der Erfindung ist in Fig. 3 gezeigt. Ein Optimierungsmittel **25** erzeugt ein Geschwindigkeitsprofil auf der Basis von Eingaben, die Straßenbedingungen, Strecke, einschränkende Geschwindigkeitsbegrenzungen und Benutzereingaben von einer HMI-Einrichtung **26** enthalten. Die Strecke kann aus der Interaktion zwischen der HMI **26**, einer Navigationseinheit **27** und einem GPS-Empfänger **28** bestimmt werden.

[0025] Das empfohlene Geschwindigkeitsprofil wird einem Positionsverfolgungsmittel **30** bereitgestellt, der die aktuelle Position des Fahrzeugs bestimmt (zum Beispiel mittels des GPS-Empfängers **28**) und eine Zielgeschwindigkeit identifiziert, die in dem Profil für optimale Geschwindigkeit enthalten ist und mit der aktuell detektierten Position übereinstimmt. Die Zielgeschwindigkeit wird einem adaptiven Geschwindigkeitsregelmittel **31** zur Verwendung als Geschwindigkeitsfestpunkt bereitgestellt, um die empfohlene Zielgeschwindigkeit zu erreichen, oder wird einer Fahreranzeige oder Schnittstelle **32** bereitgestellt, um dem Fahrer bei der Einstellung der Fahrzeugsteuerungen zur Erzielung der Zielgeschwindigkeit zu helfen.

[0026] Das Optimierungsmittel **25** befindet sich zumindest teilweise außerhalb des Host-Fahrzeugs (d.h. sind Cloud-basiert), wie auch verschiedene Elemente der Datenbanken oder informationsbereitstellenden Ressourcen, die von dem Optimierungsmittel **25** verwendet werden. Es stehen viele Rechen-

vorgänge zur Verfügung, die bei der Berechnung eines Profils für optimale Geschwindigkeit auf der Basis von Energieverbrauchsmodellen mittels Straßenanstiegsdaten und anderer Informationen verwendet werden können. Ein bevorzugter Vorgang ist in Fig. 4 gezeigt, wo ein Raster **35** verschiedene mögliche Fahrzeuggeschwindigkeiten an jeder Position entlang einer Strecke von einem Start- zu einem Zielort repräsentiert. Die Geschwindigkeits- und Distanzzunahmen haben diskrete Schrittgrößen, die eine ausreichend hohe Auflösung bereitstellen, um stabile Ergebnisse und eine robuste Optimierung zu erzielen. Typische Auflösungen liegen bei einer Meile pro Stunde für Geschwindigkeit und 30 m für Distanz. Ein Bereich denkbarer Geschwindigkeiten kann innerhalb des Rasters **35** auf der Basis eines Abschnitts **36** der maximal gestatteten Geschwindigkeit, eines Abschnitts **37** maximaler Beschleunigung und eines Abschnitts **38** maximaler Verlangsamung identifiziert werden. Ein Geschwindigkeitsprofil entlang der Abschnitte **37**, **36** und **38** repräsentiert die schnellstmögliche Fahrt, was eine Grenze um einen endlichen Raum definiert, innerhalb dessen eine optimale Kraftstoffwirtschaftlichkeitslösung zu finden ist. Somit ist bei **40** ein Profil für optimale Geschwindigkeit gezeigt, das irgendwo innerhalb des Raums denkbarer Trajektorien liegt. Um dieses Profil optimaler Geschwindigkeit zu finden, kann auf dem Optimalitätsprinzip von Bellman, welches jede der möglichen Trajektorien zwischen dem Startpunkt und dem Endpunkt beurteilt und daraufhin die Ergebnisse vergleicht, um ein optimales Profil zu finden, oder auf einer anderen deterministischen Optimierungstechnik beruhen. Wie in Fig. 5 gezeigt werden jeweils unterschiedliche Trajektorien **41**, **42** und **43** in einem ressourcenintensiven Prozess beurteilt, der die Verwendung von außerhalb des Fahrzeugs liegenden Computerressourcen nötig macht. Das dynamische Programmierungsverfahren wird zum Beispiel in Dynamic Programming and Optimal Control, dritte Ausgabe, Athena Scientific, 2005, von Bertsekas beschrieben.

[0027] Zusätzlich zu Höchstgeschwindigkeitsbegrenzungseinschränkungen, die auf gesetzlichen Geschwindigkeitsbegrenzungen und vorübergehenden Straßenbedingungen wie zum Beispiel Regen (d. h. sowohl gesetzlichen als auch praktischen Begrenzungen) basieren können, wird eine Mindestgeschwindigkeitsbegrenzung bzw. -einschränkung auch dazu verwendet, sicherzustellen, dass eine Fahrzeit unter einer gewissen festgelegten Zeitdauer liegt (und auch gesetzlichen Begrenzungen entspricht). Ferner kann eine typische Strecke Zwangstopps an geregelten Kreuzungen, wie zum Beispiel Stoppschilder und Ampeln, enthalten. Die Geschwindigkeitsbegrenzungen können allgemeiner eine Form wie in Fig. 6 gezeigt annehmen. Eine Höchstgeschwindigkeitstrajektorie **45** zeigt ein erstes Maximum **46**, gefolgt von einem Stopp **47** und einem dar-

auf folgenden Maximum **48**. Nach einem weiteren Stopp **50** hat ein drittes Maximum **51** einen niedrigeren Betrag, der einer langsameren Geschwindigkeitsbegrenzung auf einem jeweiligen Straßensegment entspricht. Als weitere Einschränkung des Profils für optimale Geschwindigkeit ist eine Mindestgeschwindigkeitstrajektorie **52** entlang der gleichen Straßensegmente auf Basis ähnlicher Erwägungen, wie eine gesetzliche Mindestgeschwindigkeit, die gewünschte Fahrzeit und Verkehrsregelungseinrichtungen, bereitgestellt.

[0028] Höchst- und Mindesttrajektorien **45** und **52** definieren eine Grenze um eine endliche Menge denkbarer Geschwindigkeitsprofile, was durch dynamische Programmierung oder eine andere deterministische Optimierungstechnik zur Identifizierung des Profils der optimalen Geschwindigkeit untersucht wird. Dies wird mittels eines Modells **55**, wie in **Fig. 7** gezeigt, welches mathematisch eine Kostenfunktion zur Bestimmung des Energieverbrauchs je nach Geschwindigkeit, Straßenanstieg und einer ausgewählten Menge an dynamischen Strecken- und Fahrzeugbedingungen repräsentiert, erreicht. Die Geschwindigkeitseinschränkungen werden dem Modell **55** zum Definieren denkbarer Trajektorien zur Untersuchung zugeführt. Die Kostenfunktion und Minimierung können wie in „Cloud-Computing Based Velocity Profile Generation for Minimum Fuel Consumption: A Dynamic Programming Based Solution“, American Control Conference (ACC), 2012, Seiten 2108–2113, Juni 2012, von Wollaeger et al., was hier durch Bezug einbezogen ist, erklärt durchgeführt werden. Beispielsweise kann ein jeweiliger Herstellername/ ein jeweiliges Modell des Fahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor durch ein Computermodell dargestellt werden, welches Drehmoment und Drehzahl mit einer spezifischen Kraftstoffverbrauchsrate in Beziehung setzt. Zu den vorzugsweise bei der Bewertung des Kraftstoffverbrauchs erwägten Variablen zählen Geschwindigkeit, Straßenanstieg, Verkehrsdichte, Wetterbedingungen, Straßenflächenbedingungen (d. h. Ebenheit und Reibung), Straßenhöhe (d.h. Luftdruck), Getriebeschaltplan und Drehmomentwandlerparameter. Ein Kraftstoffverbrauchmodell kann primär auf Basis einer Abbildung von Motordrehmoment/Motordrehzahl berechnet werden, wobei Getriebeschaltpunkte bei voreingestellten Motordrehzahlen stattfinden, wie sie häufig zu Zwecken der Kalibrierung der Motorsteuerungsalgorithmen entwickelt werden. Fahrzeugenergiebedarf wird berechnet auf der Basis der Menge an Energie, die benötigt wird, um das Fahrzeug anzutreiben und andere Kräfte, darunter Strömungswiderstand, Rollwiderstand, Drehmomentwandlerineffizienz, Nebenverbraucherlasten und Neigungsänderungen oder andere dynamische Strecken- und Fahrzeugbedingungen, die häufig wetterbedingt sind, zu überwinden. Nach Berechnung des Kraftstoffverbrauchs für jede mögliche Geschwindigkeitstrajektorie innerhalb des denkbaren

Raums wird ein Profil für optimale Geschwindigkeit ausgewählt. Das Geschwindigkeitsprofil kann auch die Zeiten für geplantes Getriebeschalten und/oder Änderungen verschiedener Aufhängungseinstellungen zu geplanten Zeiten/Orten entlang der Strecke definieren, um den Energieverbrauch weiter zu optimieren – vorausgesetzt, dass die Modellkostenfunktion diese Variablen einbezieht.

[0029] **Fig. 8** zeigt einen Graph eines Profils für optimale Geschwindigkeit, das für eine jeweilige Strecke unter jeweiligen dynamischen Umwelt- oder Fahrzeugbedingungen identifiziert wird. Für jede Position oder jeden Zeitpunkt entlang der vordefinierten Strecke spezifiziert eine Kurve **56** die Zielgeschwindigkeit, die zu einem Durchfahren der Strecke mit optimiertem Energieverbrauch führt.

[0030] Eine bevorzugte Trennung eines Systems der Erfindung zwischen einem Fahrzeug **60** und einer außerhalb des Fahrzeugs befindlichen Cloud **61** ist in **Fig. 9** gezeigt. Das Fahrzeug **60** und die Cloud **61** definieren getrennte Bereiche, die durch einen drahtlosen Sendeempfänger **62** verbunden sind (zum Beispiel zellular, V2I etc.). Der gesamte erfindungsgemäße Geschwindigkeitsprofilgenerator oder das gesamte erfindungsgemäße Geschwindigkeitsprofiloptimierungsgerät, oder zumindest ein Teil davon, ist in einem Optimierungsserver **63**, der sich in der Cloud **61** befindet, implementiert. Ein Modell, das eine entsprechende Kostenfunktion für das Fahrzeug **60** enthält, ist in einer Fahrzeugmodelldatenbank **64** gespeichert, die mit dem Optimierungsserver **63** verbunden oder darin gespeichert ist. Durch den Optimierungsserver **63** in das jeweilige Rechnungsmodell einzugebende Variablen können aus vielen Quellen gesammelt werden, darunter das Fahrzeug **60**, eine Datenquelle **65** eines intelligenten Transportsystems (ITS) und ein geographisches Informationssystem (GIS) **66**.

[0031] Der Fahrzeugbereich **60** stellt dynamische Informationen an den Optimierungsserver **63** bereit, wie zum Beispiel einen Streckenstartpunkt (zum Beispiel aktuelle Position), letzter Fahrzielort, mögliche Stoppunkte entlang einer Strecke und Fahrzeugdynamikinformationen, wie zum Beispiel Einstellungen von Aufhängungskomponenten, Antriebsstrangkomponenten oder anderen Fahrzeugsystemen, die das Kraftstoffverbrauchmodell beeinflussen können. Eine Optimierungssteuerung **70** ist dazu konfiguriert, mittels eines drahtlosen Sendeempfängers **62** mit dem Optimierungsserver **63** zusammenzuarbeiten. Die Optimierungssteuerung **70** ist mit einer HMI **71** und einem Navigationssystem **72** gekoppelt, so dass ein Fahrer einen gewünschten Zielort identifizieren kann. Das Navigationssystem **72** wirkt als Streckenrechner zur Beurteilung verschiedener möglicher Strecken und Auswahl einer optimalen Strecke auf Basis von dem Fahrer zugeführten Kriteri-

en (oder zur Angabe mehrerer möglicher Strecken zur Auswahl durch den Fahrer). Bei einem Kriterium, das zur Auswahl einer optimalen Strecke verwendet werden kann, kann es sich um einen Gesamtenergieverbrauch über verschiedene jeweilige Strecken handeln, wobei jede Verbrauchsmenge wie hier beschrieben bestimmt wird.

[0032] Falls der Fahrer keine Strecke spezifiziert, kann alternativ eine Strecke automatisch von dem Navigationssystem **72** vorhergesagt werden, indem ein Vergleich zwischen einem aktuellen von dem Fahrzeug abgefahrenen Weg und häufig befahrenen Strecken, die zuvor in einer Streckendatenbank **73** (die sich im Fahrzeug oder in der Cloud befinden kann) gespeichert wurden, vorgenommen wird. Derartige Strecken sind nur dem Fahrzeug **60** spezifisch und basieren auf einer vorherigen Betätigung des Fahrers. Mittels der Strecke und anderer dem Optimierungsserver **63** über die Optimierungssteuerung **60** und den drahtlosen Sendeempfänger **62** zugeführten Informationen wird ein Profil für optimale Geschwindigkeit berechnet und zurück zur Optimierungssteuerung zur Realisierung übertragen. Während das Fahrzeug **60** weiter entlang der vordefinierten Strecke fährt, bestimmt die Optimierungssteuerung **70** eine aktuelle Position des Fahrzeugs **60** mittels ihrer Verbindung zum Navigationssystem **72**, welches einen GPS-Empfänger und/oder ein Kopelnavigationssystem enthält), um eine der aktuellen Position entsprechende Zielgeschwindigkeit zu identifizieren. Die entsprechende Zielgeschwindigkeit wird entweder einem Antriebsstrangsteuermodul **74**, das ein Geschwindigkeitsregelungssystem enthält, oder einer HMI **71** zur Anzeige der Zielgeschwindigkeit für den Fahrer zugeführt.

[0033] Das PCM **74** (Powertrain Control Module – Antriebsstrangsteuermodul) ist mit einer Antriebsstrangkomponente **75** wie einer Drossel gekoppelt, um die Antriebsstrangleistung einzustellen, um die Zielgeschwindigkeit möglichst zu erreichen. Das PCM **74** kann auch mit einem adaptiven Geschwindigkeitsregelungssystem (ACC – Adaptive Cruise Control) **76** verbunden sein, um die umgebenden Fahrzeuge zu überwachen, wie es aus dem Gebiet bekannt ist.

[0034] Die Optimierungssteuerung **70** interagiert weiterhin mit anderen Fahrzeugsystemsteuerungen **77**, wie zum Beispiel einer Getriebesteuerung oder Aufhängungssteuerung, die jeweilige andere Komponenten **78** steuern. Zum Beispiel kann ein Profil für optimale Geschwindigkeit Getriebebeschaltpunkte oder Aufhängungseinstellungen, die über die Steuerung **77** eingeleitet werden, enthalten.

[0035] Zusätzlich zu einer visuellen oder anderen Anzeige einer Zielgeschwindigkeit für den Fahrer mittels einer HMI **71**, kann eine haptische Rückkopp-

lungseinrichtung **79** (wie zum Beispiel eine Lenkrad- oder Fußpedalvibrationseinheit) mit der Optimierungssteuerung **70** verbunden sein, um dem Fahrer eine zur Erzielung der Zielgeschwindigkeit benötigte Geschwindigkeitsaktualisierung (d.h. Anstieg oder Reduzierung) anzuzeigen.

[0036] Die Optimierungssteuerung **70** ist ausführlicher in **Fig. 10** gezeigt. Ein Prozessor **71** kann mittels eines Knotens **72** wie im Gebiet bekannt mit einem Fahrzeugmultiplexbus verbunden sein. Der Prozessor **71** wird auf der Basis verschiedener gespeicherter Größen betrieben, wie zum Beispiel einem Profil **73** für optimale Geschwindigkeit, einer aktuell überwachten Fahrzeugposition **74**, einer aktuellen eigentlichen Fahrzeuggeschwindigkeit **75**, einer Zurückweisungsrate **76** und eines Energieverbrauchslogs **77**. Das Profil **73** für optimale Geschwindigkeit wird wie oben beschrieben erhalten. Der Prozessor **71** verwendet die aktuelle Fahrzeugposition **74**, um über den Knoten **72** aus dem Profil **73** eine jeweilige Zielgeschwindigkeit zur Kommunikation mit anderen Einrichtungen zu entnehmen. Wenn eine Fahreranzeige gemäß einer relativen Geschwindigkeitsänderung, die zum Antreiben des Fahrzeugs mit der Zielgeschwindigkeit benötigt wird, generiert wird, verwendet der Prozessor **71** die eigentliche Fahrzeuggeschwindigkeit **75** im Vergleich mit der Zielgeschwindigkeit, um die geeignete Fahreranzeige zu generieren.

[0037] Bei Ausführungsformen, wo keine Direktregelung der Fahrzeuggeschwindigkeit verwendet wird und dem Fahrer die Zielgeschwindigkeit lediglich als Empfehlung angegeben wird, wird eine Zurückweisungsrate **76** erhalten, um das Profil für optimale Geschwindigkeit wie im Folgenden beschrieben einzustellen. Es kann viele Gründe geben, aus denen der Fahrer der empfohlenen Zielgeschwindigkeit nicht folgt, darunter die Anwesenheit anderer verkehrs- oder sicherheitsbedingter Bedingungen, die das Fahren auf Zielgeschwindigkeit verhindern, oder einfach, weil der Fahrer mit der Empfehlung nicht zufrieden ist. Verschiedene Fahrertypen können die Empfehlung für optimale Geschwindigkeit unterschiedlich annehmen. Es können unerwartete Straßenbedingungen, wie zum Beispiel Regen oder Eis, auftreten und den Fahrer dazu zwingen, langsamer und unter dem empfohlenen Ziel zu fahren. Falls der Fahrer ständig die Zielgeschwindigkeit zurückweist, kann darüber hinaus das zuvor berechnete Profil für optimale Geschwindigkeit langsam seine Gültigkeit verlieren. Darüber hinaus wäre es wünschenswert, das Geschwindigkeitsprofil je nach den jeweiligen Bedingungen oder dem vorliegenden Fahrstil einzustellen, um eine Fahrgeschwindigkeit, die die Kraftstoffwirtschaftlichkeit verbessert, effektiver zu bestärken. Somit enthält die Erfindung eine Ausführungsform, die ständig beurteilt, ob der Fahrer dem empfohlenen Geschwindigkeitsprofil folgt, und die Geschwindig-

keitsbegrenzungen gemäß einem adaptiven Algorithmus einstellt, der die Fahrerannahme der empfohlenen Geschwindigkeit erlernt und das Verhalten in Hinsicht auf die Empfehlung überwacht.

[0038] Die Fahrerakzeptanz oder -zurückweisung von Zielgeschwindigkeitsempfehlungen wird durch Verfolgung ihrer Häufigkeiten quantifiziert. Akzeptanz- und Zurückweisungsereignisse sind komplementär, so dass entweder die Akzeptanz- oder Zurückweisungshäufigkeit berechnet werden kann. Ein rekursiver Berechnungsprozess, der eine gewichtete Häufigkeit der Akzeptanzen bestimmt (wobei zuletzt gemachte Beobachtungen höher gewichtet werden), kann durch Anwendung eines Tiefpassfilters konstanter Verstärkung erreicht werden, der wie folgt eine exponentielle Glättung implementiert:

$$R(k) = (1 - \alpha)R(k - 1) + \alpha \text{ falls } v_{\min} < v(k) < v_{\max}, \text{ und}$$

$$R(k) = (1 - \alpha)R(k - 1) \text{ falls } v(k) < v_{\min} \text{ oder } v(k) > v_{\max}$$

wobei α ein konstanter Glättungsfaktor ist, $0 < \alpha \leq 1$, und v_{\min} und v_{\max} eine Akzeptanzzone um die Zielgeschwindigkeit definieren. Der Glättungsfaktor α steuert die Rate der Aktualisierung des gewichteten Durchschnitts R der Ereignisse des Akzeptierens des Systemvorschlags.

[0039] Fig. 11 zeigt ein empfohlenes Profil für optimale Geschwindigkeit **80**, welches zwischen einer Höchsttrajektorie **81** und einer Mindesttrajektorie **82** für eine jeweilige Strecke berechnet wurde. Eine Reihe von Quadraten, die tatsächliche Fahrzeuggeschwindigkeitsdatenpunkte repräsentieren, enthalten eine Fahrzeuggeschwindigkeit **83**, die auftritt, während der Fahrer der Zielgeschwindigkeitsempfehlung folgt. Später bleibt eine Fahrzeuggeschwindigkeit **84** auf der gleichen Geschwindigkeit (zum Beispiel 40 Meilen/h), obwohl die Zielgeschwindigkeitsempfehlung höher lag. Zusätzlich zur Abweichung von dem empfohlenen Ziel um mehr als eine Akzeptanzzone (nicht gezeigt) liegt die Geschwindigkeit bei **84** außerdem unter der zuvor angenommenen Mindestgeschwindigkeitstrajektorie **82**. Falls die Zurückweisung des empfohlenen Ziels für eine ausreichend lange Zeitperiode bestehen bleibt, kann es wünschenswert sein, das Profil zu verstellen, um eine Kompensation vorzunehmen.

[0040] Fig. 12 zeigt ein Verfahren zur kontinuierlichen Überwachung einer Akzeptanzrate für die empfohlenen Zielgeschwindigkeiten während einesfahrens entlang einer Strecke. Eine Akzeptanzrate R wird in Schritt **85** kontinuierlich aktualisiert (zum Beispiel mittels der oben beschriebenen Formel). Die Akzeptanzrate wird in Schritt **86** mit einer Schwelle δ verglichen. Falls die Akzeptanzrate nicht unter eine Schwelle δ fällt, wird zur Aktualisierung gemäß zu-

künftiger Datenpunkte zu Schritt **85** zurückgekehrt. Falls die Akzeptanzrate unter δ liegt, wird in Schritt **87** das Geschwindigkeitsprofil mit verstellten Geschwindigkeitsbegrenzungen neu berechnet. Die neuen Geschwindigkeitseinschränkungen (Höchst- und Mindesttrajektorien) können als Reaktion sowohl auf gesetzliche Geschwindigkeitsbegrenzungen als auch der vorhergehenden Geschwindigkeitsleistung des Fahrzeugs entlang der aktuellen Strecke ausgewählt werden.

[0041] Das Ergebnis der Verstellung des Geschwindigkeitsprofils während der Fahrt entlang der Strecke ist in Fig. 13 gezeigt. Sie zeigt ein Profil **90** für die optimale Geschwindigkeit zwischen der Höchsttrajektorie **91** und der Mindesttrajektorie **92**. Trotz der empfohlenen Zielgeschwindigkeiten fährt das Fahrzeug bei jeder Probedetektion weiterhin mit einer Geschwindigkeit von 40 Meilen/h. Nach einer Fahrzeuggeschwindigkeitsmessung **93** fällt die Akzeptanzrate unter die Schwelle, wodurch eine Neuberechnung des Profils für optimale Geschwindigkeit ausgelöst wird, was nach der Geschwindigkeitsmessung **93** zu einer Senkung der Höchst- und Mindesttrajektorie **91** und **92** führt (im Vergleich zu Fig. 11). Auf Basis des neu berechneten Geschwindigkeitsprofils werden Zielgeschwindigkeiten erzielt, die in Bezug auf die empfohlenen Ziele konsistenter sind, beginnend mit der Geschwindigkeitsmessung **94**. In Hinsicht auf die neuen Einschränkungen kann dann die optimale Kraftstoffeffizienz für die neuen Bedingungen gemäß den revidierten Zielen erhalten werden.

[0042] Eine weitere Ausführungsform eines Verfahrens der Erfindung ist in Fig. 14 gezeigt. Nachdem ein Fahrer einen Zielort und/oder einen oder mehrere Stoppunkte spezifiziert, muss eine Strecke bestimmt werden. Der Startpunkt für die Strecke kann die aktuelle Position sein, die automatisch von einem GPS-Empfänger detektiert wird, oder kann von dem Fahrer spezifiziert werden. Auf der Basis von durch den Fahrer spezifizierten Kriterien, zum Beispiel der kürzesten Zeit oder der kürzesten Distanz, werden verschiedene mögliche Strecken beurteilt, und die Strecke, die am besten mit den Kriterien des Fahrers übereinstimmt, wird ausgewählt. Bei der vorliegenden Ausführungsform kann auch der Gesamtenergieverbrauch zum Durchfahren einer Strecke als eines der Kriterien für die Streckenwahl verwendet werden. Bei Schritt **100** werden Straßensegmente von einer Kartendatenbank zu unterschiedlichen möglichen Strecken zusammengestellt und es werden für jede Strecke die Geschwindigkeitsbegrenzungen oder anderen Geschwindigkeitseinschränkungen bestimmt. Für jede Strecke wird ein Geschwindigkeitsprofil optimiert, um in Schritt **101** den Gesamtenergieverbrauch zu bestimmen. In Schritt **102** wählt der Fahrer auf Basis aller Kriterien die zufriedenstellende Strecke aus. Das ausgewählte Geschwindigkeitsprofil, welches der ausgewählten Strecke entspricht, wird

auf das Fahrzeug heruntergeladen, damit es zum periodischen Aktualisieren der empfohlenen Geschwindigkeit beim Durchfahren der Strecke verwendet werden kann. Bei Beginn des Fahrens erhält das sich im Fahrzeug befindende Optimierungsmittel in Schritt **103** die aktuelle Position des Fahrzeugs entlang der Strecke. In Schritt **104** ruft es die Zielgeschwindigkeit ab und initiiert diese Geschwindigkeit, indem es sie einem Geschwindigkeitsaktualisierer bereitstellt. Der Geschwindigkeitsaktualisierer kann eine Geschwindigkeitsregelung zur Annahme der Zielgeschwindigkeit als Sollgeschwindigkeit enthalten oder kann aus einer HMI-Einrichtung zur Angabe der Zielgeschwindigkeit an den Fahrer oder einer Richtung und/oder eines Betrags einer Geschwindigkeitsänderung, die durchgeführt werden muss, um die Zielgeschwindigkeit zu erreichen, umfassen.

[0043] In Schritt **105** aktualisiert die Optimierungssteuerung eine Akzeptanzrate. Auch kann beim Durchfahren der Strecke die Fahrzeugsteuerung den tatsächlich angelaufenen Energieverbrauch (z.B. der verbrauchte Kraftstoff) verarbeiten und ihn in einem Log abspeichern. Die Verbrauchsdaten können periodisch zurück zum sich außerhalb des Fahrzeugs befindenden Fahrzeugmodell und dem Optimierungsserver übermittelt werden, um den tatsächlichen Energieverbrauch mit dem vorhergesagten Energieverbrauch, der von dem Modell generiert wurde, zu vergleichen. Unterschiede zwischen tatsächlichem und vorhergesagtem Energieverbrauch können dazu verwendet werden, die Modellkostenfunktion iterativ zu verbessern.

[0044] In Schritt **107** wird überprüft, um zu bestimmen, ob sich die durchfahrene Strecke oder irgendwelche Straßenbedingungen wie zum Beispiel Verkehr oder schlechtes Wetter geändert haben, die die Gültigkeit des Profils für optimale Geschwindigkeit beeinflussen würden. Falls nicht, wird zum Schritt **103** zurückgekehrt, um die Zielgeschwindigkeit aus dem Geschwindigkeitsprofil weiterhin zu aktualisieren. Falls sich Bedingungen geändert haben, wird zu den außerhalb des Fahrzeugs befindlichen Computerressourcen zurückgekehrt, um auf der Basis der veränderten Bedingungen ein neues Profil für optimale Geschwindigkeit zu berechnen. Obwohl eine Rückkehr zu Schritt **100** gezeigt ist, braucht eine Neuberechnung möglicherweise nur kleine Vertellungen der existierenden Strecke oder der anderen Eingabewariablen der Modellkostenfunktion, die sich geändert haben, erwägen, ohne erneut eine volle Streckenberechnung auszulösen. Auf jedem Fall kann das Geschwindigkeitsprofil aufgrund der Veränderungen des erwarteten Verkehrs, Nichtbefolgung der Zielgeschwindigkeit durch den Fahrer oder anderer Faktoren bei Durchfahren der Strecke periodisch aktualisiert werden, so dass die beste Gesamtkraftstoffwirtschaftlichkeit erhalten wird, während übermäßige

Kommunikation oder Rechnerlasten vermieden werden.

[0045] Die vorliegende Erfindung enthält eine alternative Ausführungsform, die keine Konnektivität des Fahrzeugs während der Fahrt entlang einer gesamten Strecke, sondern nur an bestimmten Stellen, wie zum Beispiel Zuhause oder an einem Arbeitsplatz, benötigt. Bei dieser Ausführungsform werden häufig befahrene Strecken durch Speichern einer Geschichte von GPS-Positionen und der entsprechenden Tageszeit beim Fahren und Heraufladen der Geschichte zur Cloud, wenn sich das Fahrzeug an einer dieser Positionen befindet, wo es Konnektivität besitzt, identifiziert. Die Cloud-basierte Komponente des Systems verwendet diese Informationen in Kombination mit Kartendatenbanken, um häufig befahrene Strecken zu detektieren und Datenbanken von häufigen Strecken und ihrer entsprechenden Tageszeiten aufzubauen. Daraufhin berechnet es ein Profil für optimale Geschwindigkeit für jede Strecke und jede Tageszeit mittels geographischer Informationen und bekannter historischer Informationen für verschiedene Fahrbedingungen, die über die Strecke auftreten, zum Beispiel durchschnittlicher Verkehrsfluss, Wetter usw.). Mehrere Berechnungen können durchgeführt werden, um separate Profile für optimale Geschwindigkeit für verschiedene Werte der sich zeitlich verändernden Parameter bereitzustellen, zum Beispiel wie für verschiedene Wetterbedingungen oder Verkehrsdichte. Wenn sich das Fahrzeug an einer Position mit Konnektivität befindet, werden die Profile für optimale Geschwindigkeit von der Cloud heruntergeladen und im Fahrzeug gespeichert. Während der Fahrt überwacht das Optimierungsmittel die Fahrzeugposition, um zu detektieren, ob eine der häufigen Strecken befahren wird. Wird eine gespeicherte Strecke gefunden, lädt das Fahrzeug das entsprechende Profil für optimale Geschwindigkeit und beginnt damit, den Fahrer in Bezug auf die optimale Geschwindigkeit zu beraten. Falls die detektierte Strecke mehr als ein gespeichertes Profil auf der Basis einer zeitvariierenden Bedingung aufweist, wird der aktuelle Zustand der Bedingung detektiert und das entsprechende Profil ausgewählt.

[0046] Die obige Erfindung nutzt Fortschritte von vernetzten serviceorientierten Computerplattformen aus, durch die große Datenbanken, überwachte Lernalgorithmen, Fahrzeugantriebsstrangmodelle, hochdimensionale Optimierung und viele andere wichtige Algorithmen, die derzeit stationäre Computerplattformen benötigen, möglich gemacht wurden. Fahrzeugcomputer von heute begrenzen Merkmale auf die relativ niedrige Prozessorleistung von Fahrzeugcomputern, kleine Datenspeicher und Abwesenheit von Zugang zu Daten, die erzeugt wurden, seit das Fahrzeug erzeugt wurde. Begrenztes Teilen von Ressourcen reduziert die Skalierbarkeit auf große Anzahlen von Fahrzeugen. Fortschritte der mobilen

Konnektivität zwischen Fahrzeugen und der Computer-Cloud-Infrastruktur beginnen, neue Klassen von elektronischen Merkmalen zu ermöglichen, die nicht derart beschränkt sind.

[0047] Die für Fahrzeugkonnektivität verfügbare drahtlose Verbindung, ist oft durch variable Bandbreite, variable Latenz und sporadische Konnektivität gekennzeichnet. Der Bordcomputer oder die ECU ist durch hohe Verlässlichkeit, hohe Lebensdauer, hartes Echtzeitverhalten, niedrige Prozessorleistung und sehr kleinen Speicher (insbesondere nichtflüchtigen Speicher) gekennzeichnet. Die ECU ist mobil, hält für die Lebenszeit des Fahrzeugs und ist Teil des Fahrzeugkaufs. In der ECU geschaffene Daten sind in der Regel Ereignisse, die in der Vergangenheit auf sehr kurzen Zeitskalen geschehen sind. Die Cloud-Computer sind durch hohe Verlässlichkeit, hohe Computerleistung, große Speicher und (aus der Perspektive des Fahrzeugs) Abwesenheit von Echtzeitverhalten gekennzeichnet. Sie sind stationäre, verwaltete Systeme, die häufig ersetzt werden und auf einer Miet-, Besitz- oder Gebühr-für-Benutzungsbasis betrieben werden. In der Cloud erzeugte Daten haben häufig eine Vorhersagenatur, die berichten kann, was in einer gewissen Zeit in der Zukunft erwartet werden kann, statt was in der Vergangenheit passiert ist.

[0048] Die Erfindung bestimmt die optimale Geschwindigkeit für kraftstoffeffiziente Fahrten auf Basis aktueller und vergangener Fahrzeugbedingungen, Fahrzeugposition, Orientierung und Tageszeit, Straßennetzinformationen, Verkehrsinformationen, topographische Informationen, Umweltfahrbedingungen und Verfügbarkeit, Bandbreite und Latenzzeit einer Verbindung zwischen dem Fahrzeug und der Cloud. Zusätzlich kann es den Antriebsstrang für erwartete Fahrbedingung, wo möglich, vorkonditionieren. Fahrerschnittstellen, wie ein emotionales Fahrerassistenzsystem oder ein haptisches Pedal, stellen gute Mechanismen zur Präsentation optimaler Fahrgeschwindigkeitsinformationen für den Fahrer bereit. Sie können die Informationen bereitstellen, ohne dass der Fahrer seine Augen von der Straße nehmen muss, und auf eine Art, die den Fahrer dazu motivieren wird, den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren. Diese Realisierung ist skalierbar auf alle Fahrzeuge in nationalen Fahrflotten.

[0049] Optimale Kalibrierung des Antriebsstrangs und der optimalen Fahrgeschwindigkeit sind höchst abhängig von den spezifischen Vorbedingungen, unter denen das Fahrzeug betrieben wird. Diese Bedingungen enthalten Straßenart, Anstieg, Verkehrsregelung, Verkehr und Wetter- und Fahrercharakteristiken. So kann sich die optimale Kalibrierung und Fahrgeschwindigkeit in San Antonio, Texas, und Denver, Colorado, unterscheiden, da sich San Antonio auf einer Höhe von 650 Fuß befindet, im Vergleich zu 5280 Fuß für Denver, und sie sehr ver-

schiedene Klimazonen aufweisen. Kalibrierung von modernen Fahrzeugen ist verstimmt, so dass die Antriebsstrangleistung unter verschiedensten Bedingungen unter Verwendung der Effizienz mit kleinem Speicher, kleiner Leistung und Echtzeiteffizienz von heutigen Fahrzeugcomputern akzeptabel ist. Bei der vorliegenden Erfindung kann die optimale Fahrgeschwindigkeit für ein Fahrzeug an jedem Punkt entlang der Strecke berechnet oder aus einer Datenbank in der Cloud zusammen mit einer optimalen Kalibrierungskarte für das Fahrzeug auf der Strecke berechnet oder abgerufen werden. Das Profil für optimale Fahrgeschwindigkeit und die Antriebsstrangkalibrierungskarte werden auf das Fahrzeug heruntergeladen, wenn Konnektivität verfügbar ist, und dann von den Computern des Fahrzeugs verwendet. Da Fahrzeugcomputer klein sind und jeweils nur einige Strecken speichern können, werden auf Basis von historischer Information über die Strecke des Fahrers und/oder auf Basis von Ursprungszielortinformationen, die von dem Fahrer bereitgestellt werden, spezifische Strecken ausgewählt. Zum Beispiel werden Fahrzeugposition und -geschwindigkeit, wie von dem GPS bestimmt, dazu verwendet, zu bestimmen, auf welcher Strecke sich das Fahrzeug befindet und wo auf der Strecke sich das Fahrzeug befindet. Dies kann erreicht werden mittels einer Repräsentation der Strecke als parameterisierte Kurve, die durch das Straßensystem läuft. Mit einer GPS-Position ist es möglich, den Parameterwert zu bestimmen, der den Punkt auf der Kurve repräsentiert. Dieser Parameter wird auf die geeignete Geschwindigkeit und Kalibrierungskarten, die von den Cloud-Anwendungen für eine bestimmte Strecke bereitgestellt wurden, abgebildet. Die Cloud-Anwendung kann Daten von den Fahrzeugcomputern sammeln, die mit GPS-Positionen zeitlich ausgerichtet sind. Diese Daten enthalten Fahrzeuggeschwindigkeit, Kraftstoffverbrauch, Straßenanstieg, Fahrstil und verschiedene Straßenbedingungen – und werden dazu verwendet, zukünftige Fahrzeuggeschwindigkeit und Antriebsstrangkalibrationskarten zu berechnen. Die Cloud-Anwendung sammelt außerdem Daten von Cloud-Informationsherausgebern, wie zum Beispiel Wettervorhersagern, Kartenherausgebern und Verkehrsinformationsherausgebern, um Fahrzeuggeschwindigkeit und kalibrierte Karten aufzubauen.

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 Nicht-Patentliteratur

- „Cloud-Computing Based Velocity Profile Generation for Minimum Fuel Consumption: A Dynamic Programming Based Solution“, American Control Conference (ACC), 2012, Seiten 2108–2113, Juni 2012, von Wollaeger et al. [0028]

Patentansprüche

1. System zur Optimierung von Energieverbrauch eines Fahrzeugs, das Folgendes umfasst:
einen Streckenrechner zum Zusammenfügen von Straßensegmenten zu einer Strecke von einer ersten Position zu einem Zielort;

einen Geschwindigkeitsprofilgenerator, der sich zumindest teilweise außerhalb des Fahrzeugs befindet und zur Berechnung eines Profils für optimale Geschwindigkeit, das Zielgeschwindigkeiten für jeweilige Stellen auf der Strecke angibt, damit die Strecke mit einem optimierten Energieverbrauch abgefahren werden kann, ein Energieverbrauchsmodell des Fahrzeugs zusammen mit der Strecke entsprechenden Straßenanstiegsdaten verwendet, wobei der Geschwindigkeitsprofilgenerator den Energieverbrauch für mehrere denkbare Geschwindigkeitsprofiltrajektorien zwischen einer Höchsttrajektorie und einer Mindesttrajektorie vergleicht, um das Profil für optimale Geschwindigkeit zu identifizieren; und

einen Geschwindigkeitsaktualisierer, der auf eine aktuelle Position des Fahrzeugs und das Profil für optimale Geschwindigkeit reagiert, um die Zielgeschwindigkeit für die aktuelle Position auszulösen.

2. System nach Anspruch 1, wobei der Geschwindigkeitsprofilgenerator das Profil für optimale Geschwindigkeit beim Durchfahren der Strecke periodisch aktualisiert.

3. System nach Anspruch 1, wobei der Geschwindigkeitsaktualisierer aus einem adaptiven Geschwindigkeitsregelungssystem besteht, das die Zielgeschwindigkeit für die aktuelle Position als Geschwindigkeitsfestpunkt verwendet.

4. System nach Anspruch 1, wobei der Geschwindigkeitsaktualisierer aus einer HMI-Einrichtung zur Angabe der Zielgeschwindigkeit oder einer Geschwindigkeitsänderung, die zum Erhalt der Zielgeschwindigkeit ausgeführt werden muss, für einen Fahrer besteht.

5. System nach Anspruch 4, wobei es sich bei der HMI-Einrichtung um eine graphische Anzeige handelt, die einen numerischen Wert der Zielgeschwindigkeit anzeigt.

6. System nach Anspruch 4, wobei es sich bei der HMI-Einrichtung um eine graphische Anzeige mit einer visuellen Charakteristik zur Anzeige, ob ein Geschwindigkeitsanstieg oder eine Geschwindigkeits-senkung zum Erhalt der Zielgeschwindigkeit benötigt wird, handelt.

7. System nach Anspruch 4, das ferner Folgendes umfasst:
eine Überwachung zur Bestimmung einer Akzeptanzrate der Zielgeschwindigkeit durch den Fahrer;

wobei der Geschwindigkeitsprofilgenerator, falls die bestimmte Akzeptanzrate unter einer Schwelle liegt, das Profil für optimale Geschwindigkeit mittels revidierter Höchst- und Mindesttrajektorie, die zur Erhöhung der Akzeptanzrate ausgewählt werden, neu berechnet.

8. System nach Anspruch 7, wobei die Akzeptanzrate $R(k)$ sukzessiv für jede sukzessive Zielgeschwindigkeit k gemäß einer Formel bestimmt wird:

$$R(k) = (1 - \alpha)R(k - 1) + \alpha \text{ falls } v_{\min} < v(k) < v_{\max}, \text{ und}$$

$$R(k) = (1 - \alpha)R(k - 1) \text{ falls } v(k) < v_{\min} \text{ oder } v(k) > v_{\max}$$

wobei α ein konstanter Glättungsfaktor ist, $0 < \alpha \leq 1$, und v_{\min} und v_{\max} eine Akzeptanzzone um die Zielgeschwindigkeit definieren.

9. System nach Anspruch 1, wobei der Geschwindigkeitsprofilgenerator die Höchsttrajektorie als Reaktion auf eine gesetzliche Geschwindigkeitsbegrenzung entsprechend den Straßensegmenten bestimmt.

10. System nach Anspruch 1, wobei der Geschwindigkeitsprofilgenerator die Mindesttrajektorie als Reaktion auf Verkehrsregelungsstopps entlang den Straßensegmenten bestimmt.

11. System nach Anspruch 1, das ferner einen drahtlosen Datensendeempfänger im Fahrzeug zur Kommunikation mit einem entfernten Server umfasst, wobei der entfernte Server mindestens einen Teil des Geschwindigkeitsprofilgenerators enthält.

12. System nach Anspruch 11, das ferner eine Energieverbrauchsüberwachung umfasst, die Energieverbrauchsdaten als Ergebnis aus dem Profil für optimale Geschwindigkeit erzeugt, wobei die Energieverbrauchsdaten von dem drahtlosen Datensendeempfänger an den entfernten Server übermittelt werden, so dass der Geschwindigkeitsprofilgenerator das Energieverbrauchsmodell präzisieren kann.

13. System nach Anspruch 1, wobei der Streckenrechner eine Eingabeeinrichtung zur Verwendung durch den Fahrer zur Identifizierung des Zielorts enthält.

14. System nach Anspruch 1, wobei der Streckenrechner Folgendes enthält:
eine Positionsverfolgungseinrichtung zur Überwachung der aktuellen Position des Fahrzeugs und eine Erkennungseinheit, die Strecken speichert, die häufig von dem Fahrzeug durchfahren werden, und einen aktuellen Weg des Fahrzeugs mit gespeicherten Strecken vergleicht, um die aktuelle Strecke auszuwählen.

15. System nach Anspruch 1, wobei der Streckenrechner als Reaktion auf die Bewertung des optimierten Energieverbrauchs, der für mehrere mögliche Strecken zwischen der ersten Position und dem Zielort berechnet wurde, die Straßensegmente zu einer Strecke zusammenfügt.

16. System nach Anspruch 1, wobei das Energieverbrauchsmodell weiterhin als Reaktion auf Streckenbedingungen, die aus der Gruppe Verkehrsdichte, Wetterbedingungen, Straßenflächenbedingungen, Höhe, Getriebeschaltungsplan und Drehmomentwandlerbetrieb ausgewählt sind, das Profil für optimale Geschwindigkeit berechnet.

17. System nach Anspruch 1, wobei das Profil für optimale Geschwindigkeit ferner Getriebeeinstellungen spezifiziert.

18. System nach Anspruch 1, wobei das Profil für optimale Geschwindigkeit ferner Aufhängungseinstellungen spezifiziert.

19. System nach Anspruch 1, wobei der Streckenrechner mehrere häufig befahrene Strecken auf Basis einer Geschichte einer Fahrzeugposition, Tageszeit und Fahrbedingungen bestimmt, wobei der Geschwindigkeitsprofilgenerator ein jeweiliges Profil für optimale Geschwindigkeit für die häufig befahrenen Strecken berechnet, wobei die optimalen Geschwindigkeitsprofile auf das Fahrzeug heruntergeladen werden, und wobei der Geschwindigkeitsaktualisierer als Reaktion auf die Detektion einer Fahrt des Fahrzeugs entlang einer der häufig befahrenen Strecken zu einer jeweiligen entsprechenden Tageszeit und unter den entsprechenden Fahrbedingungen eines der heruntergeladenen Profile für optimale Geschwindigkeit verwendet.

20. Verfahren zur Optimierung des Energieverbrauchs eines Fahrzeugs, das Folgendes umfasst: Zusammenfügung von Straßensegmenten zu einer Strecke von einer ersten Position zu einem Zielort; Bewertung eines Energieverbrauchsmodells des Fahrzeugs zusammen mit der Strecke entsprechenden Straßenanstiegsdaten zur Berechnung eines Profils für optimale Geschwindigkeit, das Zielgeschwindigkeiten für jeweilige Stellen auf der Strecke zum Durchfahren der Strecke mit optimiertem Energieverbrauch angibt, wobei der Energieverbrauch für mehrere denkbare Geschwindigkeitsprofiltrajektorien zwischen einer Höchsttrajektorie und einer Mindesttrajektorie verglichen wird, um das Profil für optimale Geschwindigkeit zu identifizieren; und Auslösen einer Zielgeschwindigkeit als Reaktion auf eine aktuelle Position des Fahrzeugs und das Profil für optimale Geschwindigkeit.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das Profil für optimale Geschwindigkeit beim Durchfahren der Strecke periodisch aktualisiert wird.

22. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Auslöseschritt aus einer Annahme der Zielgeschwindigkeit als Sollgeschwindigkeit bei einer adaptiven Geschwindigkeitsregelung besteht.

23. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Auslöseschritt aus einer Angabe für einen Fahrer auf einer HMI-Einrichtung der Zielgeschwindigkeit oder einer zum Erhalt der Zielgeschwindigkeit auszuführenden Geschwindigkeitsänderung besteht.

24. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Auslöseschritt aus einer Anzeige eines numerischen Werts der Zielgeschwindigkeit besteht.

25. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Auslöseschritt aus einer Anzeige einer visuellen Charakteristik zur Angabe, ob eine Geschwindigkeitserhöhung oder eine Geschwindigkeitssenkung zum Erhalt der Zielgeschwindigkeit benötigt ist, besteht.

26. Verfahren nach Anspruch 20, das ferner die folgenden Schritte umfasst: Bestimmen einer Akzeptanzrate der Zielgeschwindigkeit durch den Fahrer und, falls die bestimmte Akzeptanzrate unter einer Schwelle liegt, Neuberechnen des Profils für optimale Geschwindigkeit mittels revidierter Höchst- und Mindesttrajektorie, die zur Erhöhung der Akzeptanzrate ausgewählt werden.

27. Verfahren nach Anspruch 26, wobei die Akzeptanzrate $R(k)$ sukzessiv für jede sukzessive Zielgeschwindigkeit k gemäß einer Formel bestimmt wird:

$$R(k) = (1 - \alpha)R(k - 1) + \alpha \text{ falls } v_{\min} < v(k) < v_{\max}, \text{ und}$$

$$R(k) = (1 - \alpha)R(k - 1) \text{ falls } v(k) < v_{\min} \text{ oder } v(k) > v_{\max}$$

wobei α ein konstanter Glättungsfaktor ist, $0 < \alpha \leq 1$, und v_{\min} und v_{\max} eine Akzeptanzzone um die Zielgeschwindigkeit definieren.

28. Verfahren nach Anspruch 20, wobei die Höchsttrajektorie als Reaktion auf eine gesetzliche Geschwindigkeitsbegrenzung entsprechend den Straßensegmenten bestimmt wird.

29. Verfahren nach Anspruch 20, wobei die Mindesttrajektorie als Reaktion auf Verkehrsregelungsstopps entlang den Straßensegmenten bestimmt wird.

30. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Schritt des Beurteilens des Energieverbrauchsmodells außerhalb des Fahrzeugs an einem entfernten Server

durchgeführt wird, und wobei das Fahrzeug drahtlos mit dem entfernten Server kommuniziert, um das Profil für optimale Geschwindigkeit zu erhalten.

31. Verfahren nach Anspruch 30, das ferner die folgenden Schritte umfasst:
Überwachen des Energieverbrauchs zur Erzeugung von Energieverbrauchsdaten als Ergebnis aus der Verwendung des Profils für optimale Geschwindigkeit durch das Fahrzeug;
drahtloses Senden der Energieverbrauchsdaten an den entfernten Server und Präzisieren des Energieverbrauchsmodells als Reaktion auf die Energieverbrauchsdaten.

32. Verfahren nach Anspruch 20, das ferner den Schritt der manuellen Eingabe des Zielorts durch den Fahrer umfasst.

33. Verfahren nach Anspruch 20, das ferner die folgenden Schritte umfasst:
Verfolgen der aktuellen Position des Fahrzeugs und Vergleichen eines aktuellen Wegs des Fahrzeugs mit mehreren gespeicherten Strecken, die häufig von dem Fahrzeug durchfahren werden, um die aktuelle Strecke auszuwählen.

34. Verfahren nach Anspruch 20, wobei die zu einer Strecke zusammengefügte Straßensegmente als Reaktion auf die Beurteilung eines optimierten Energieverbrauchs, der für mehrere mögliche Strecken zwischen der ersten Position und dem Zielort berechnet wird, ausgewählt werden.

35. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das Energieverbrauchsmodell das Profil für optimale Geschwindigkeit weiter als Reaktion auf Streckenbedingungen, die aus der Gruppe Verkehrsdichte, Wetterbedingungen, Straßenflächenbedingungen, Höhe, Getriebeschaltplan und Drehmomentwandlerbetrieb ausgewählt werden, berechnet.

36. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das Profil für optimale Geschwindigkeit ferner Getriebeeinstellungen spezifiziert.

37. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das Profil für optimale Geschwindigkeit ferner Aufhängungseinstellungen spezifiziert.

38. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das Zusammenfügen der Strecke das Bestimmen mehrerer häufig befahrener Strecken auf Basis einer Geschichte einer Fahrzeugposition, Tageszeit und Fahrbedingungen enthält, wobei mehrere Profile für optimale Geschwindigkeit für die häufig befahrenen Strecken berechnet werden, und wobei das Verfahren ferner den Schritt des Detektierens einer Fahrt des Fahrzeugs entlang einer der häufig befahrenen Strecken zu einer entsprechenden Tageszeit und unter ent-

sprechenden Fahrbedingungen und der Auswahl des entsprechenden Profils für optimale Geschwindigkeit zur Bestimmung der Zielgeschwindigkeit umfasst.

39. Verfahren, das Folgendes umfasst:
Zusammenfügen von Straßensegmenten zu einer Fahrzeug Strecke;
Beurteilen des Energieverbrauchs beim Fahren auf der Strecke gemäß des Straßenanstiegs zur Berechnung von Zielgeschwindigkeiten für jeweilige Positionen auf der Strecke, wobei der Energieverbrauch für mehrere mögliche Geschwindigkeitsprofiltrajektorien zwischen einer Höchsttrajektorie und einer Mindesttrajektorie verglichen wird; und
Auslösen einer Zielgeschwindigkeit für eine aktuelle Position des Fahrzeugs.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

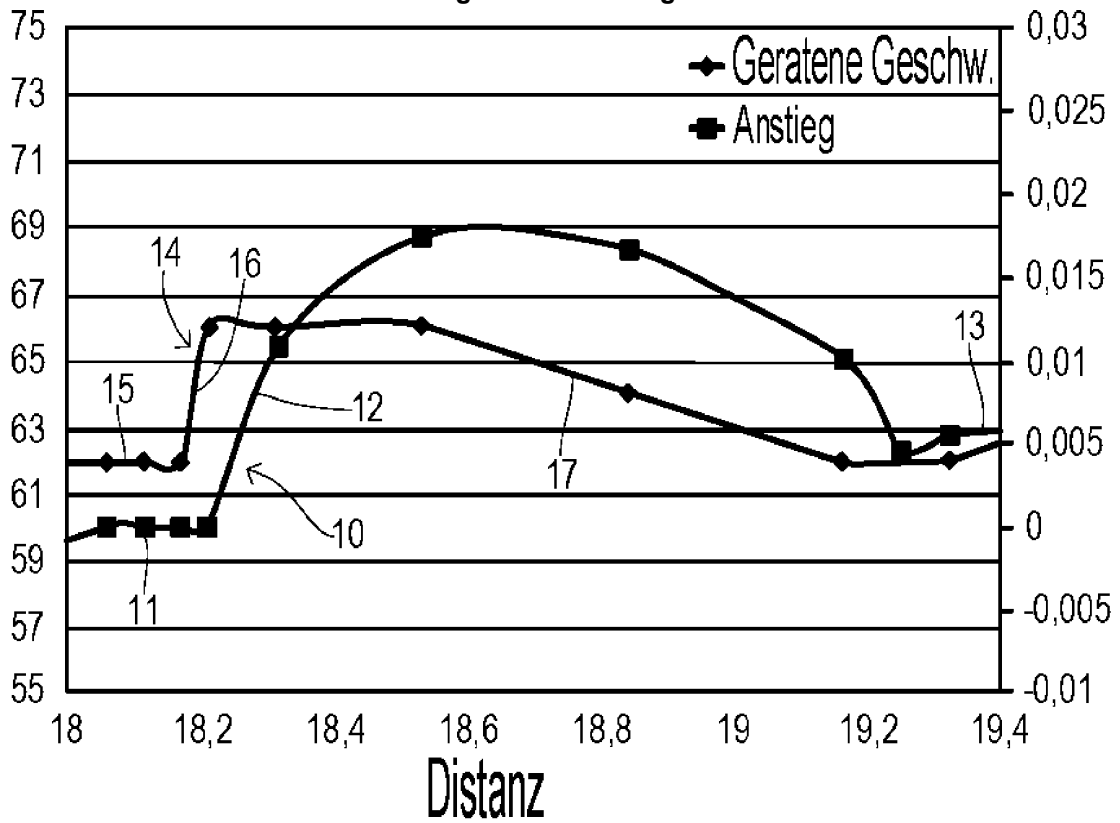


Fig. 1

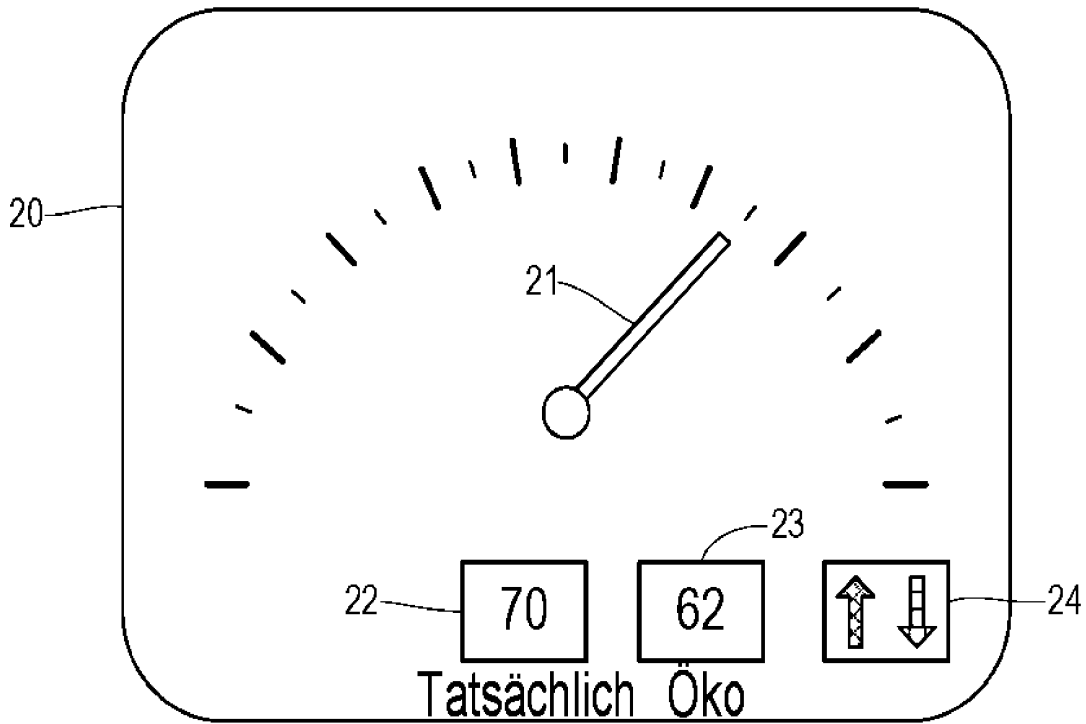


Fig. 2

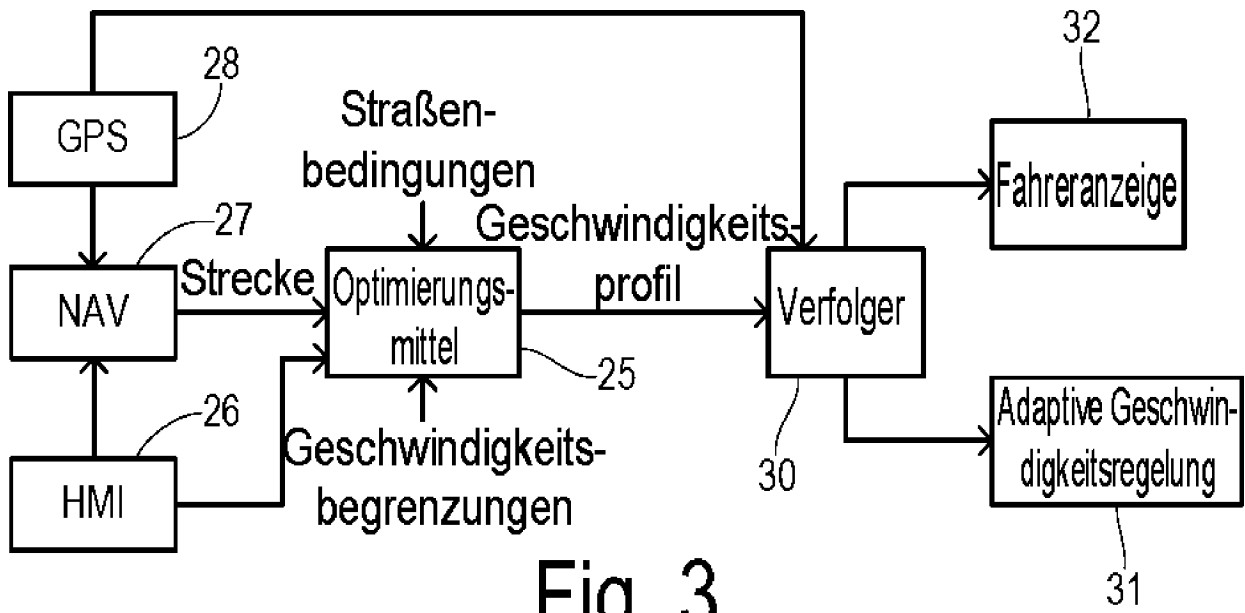


Fig. 3

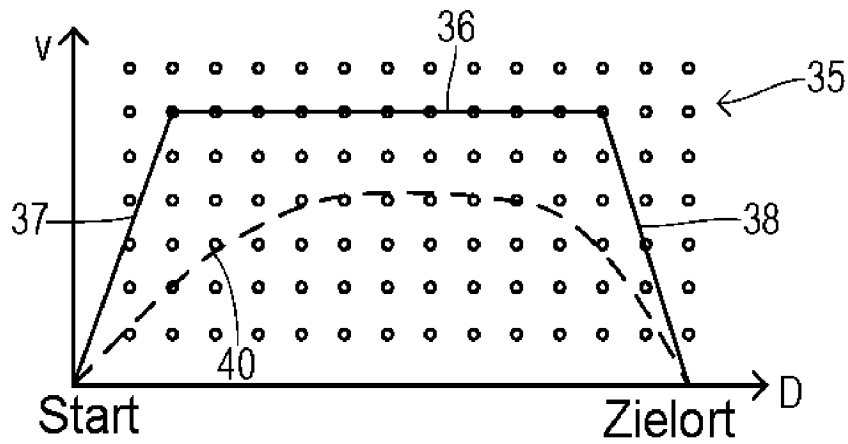


Fig. 4

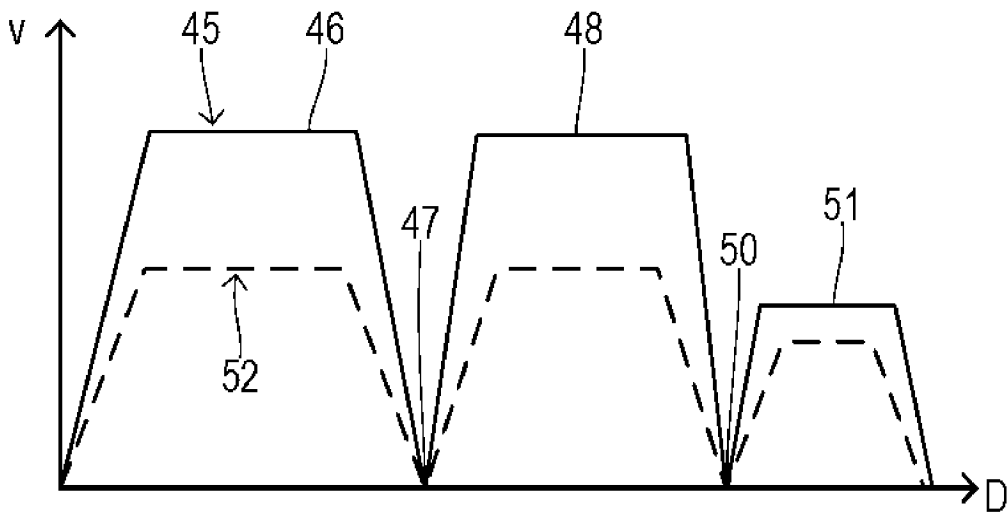


Fig. 6

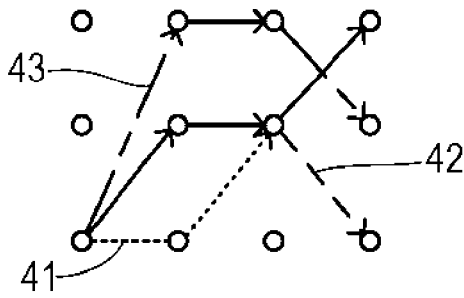


Fig. 5

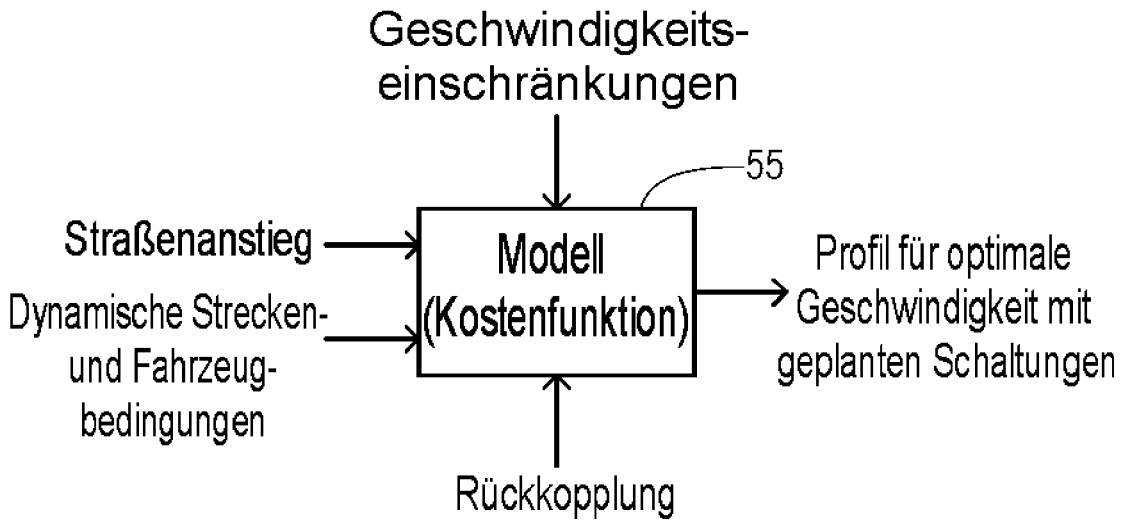


Fig. 7

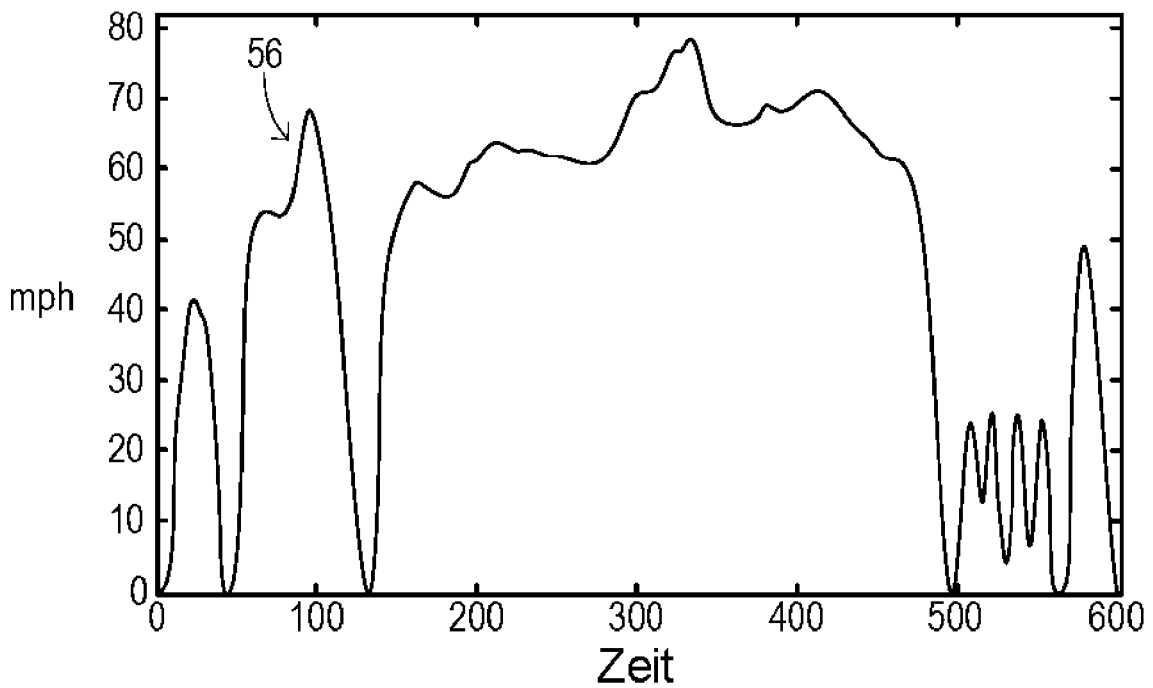


Fig. 8

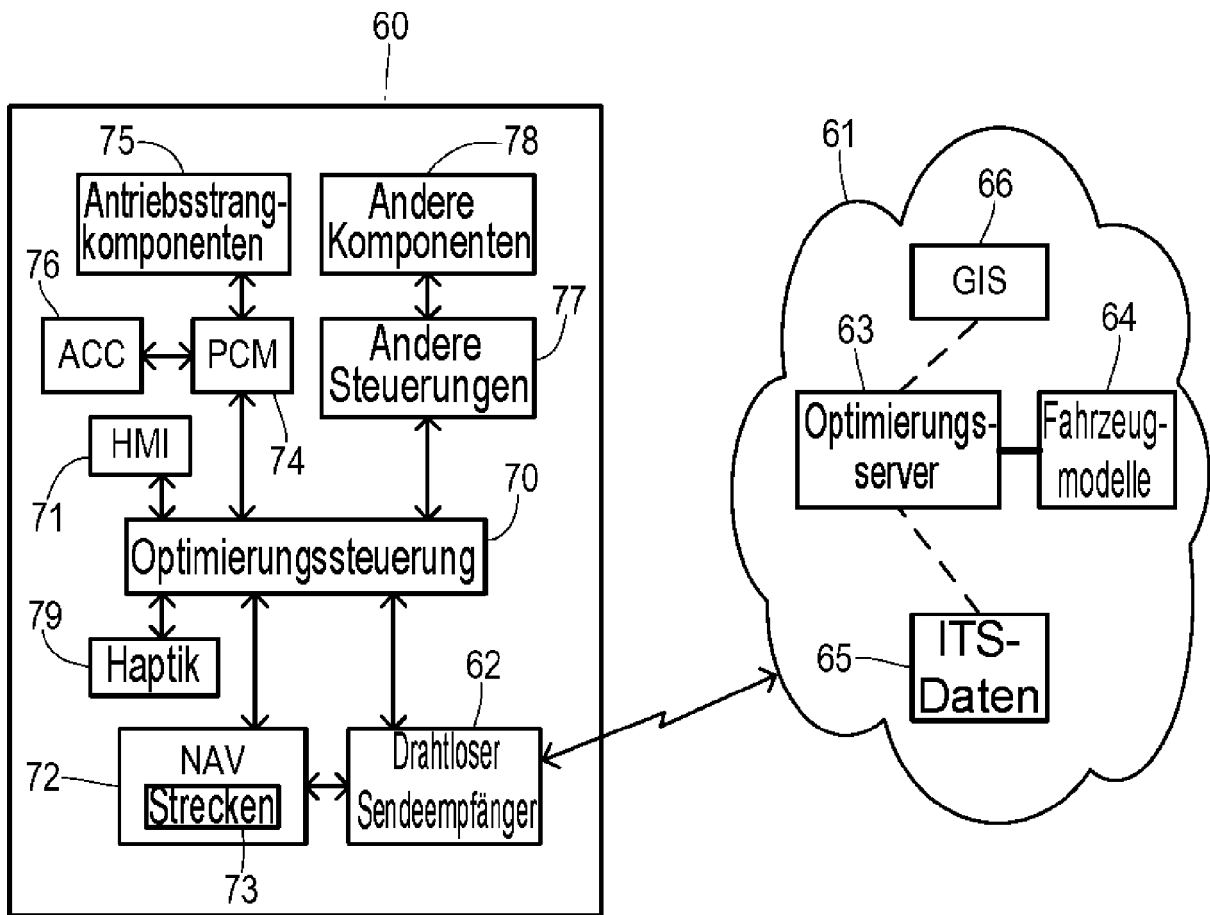


Fig. 9

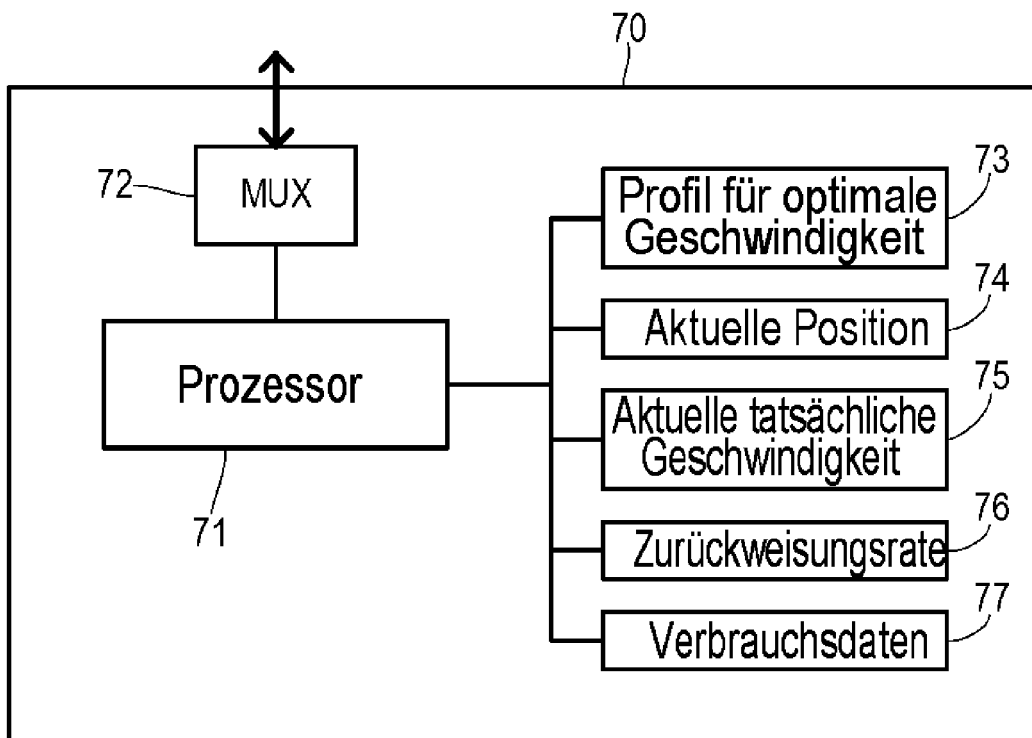


Fig. 10

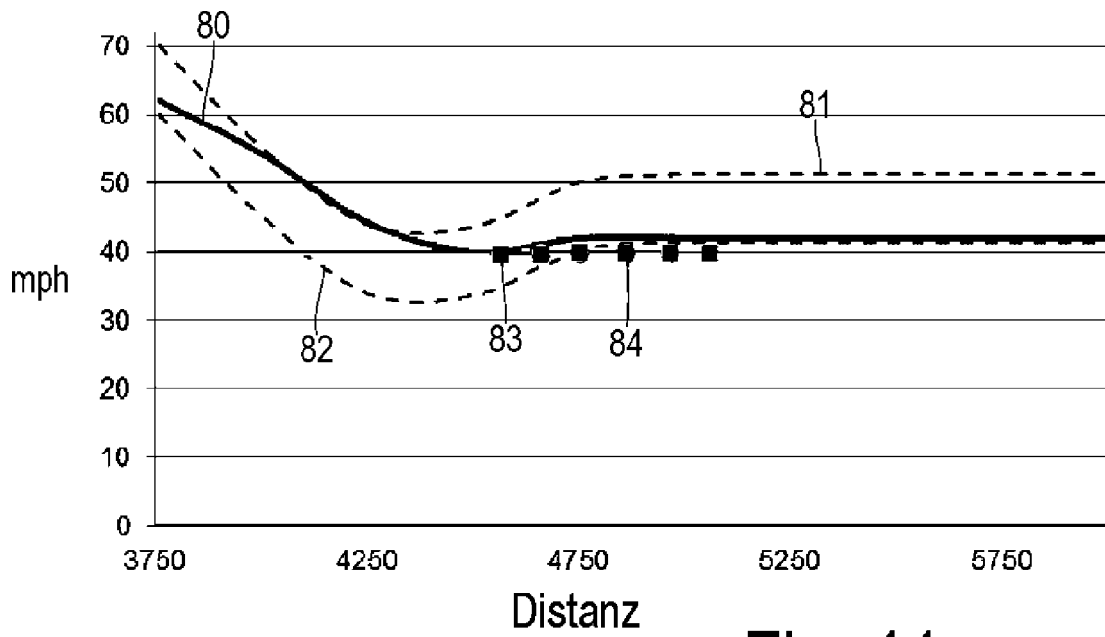


Fig. 11

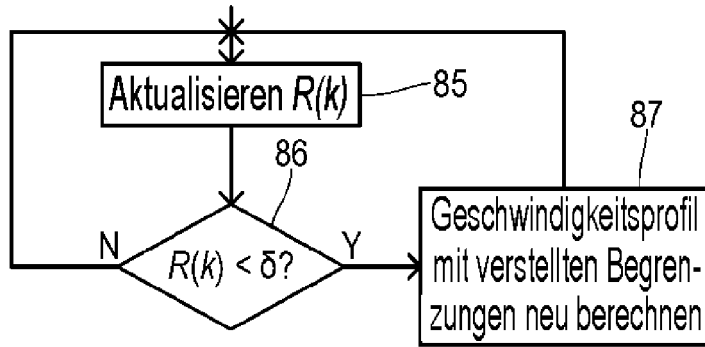


Fig. 12

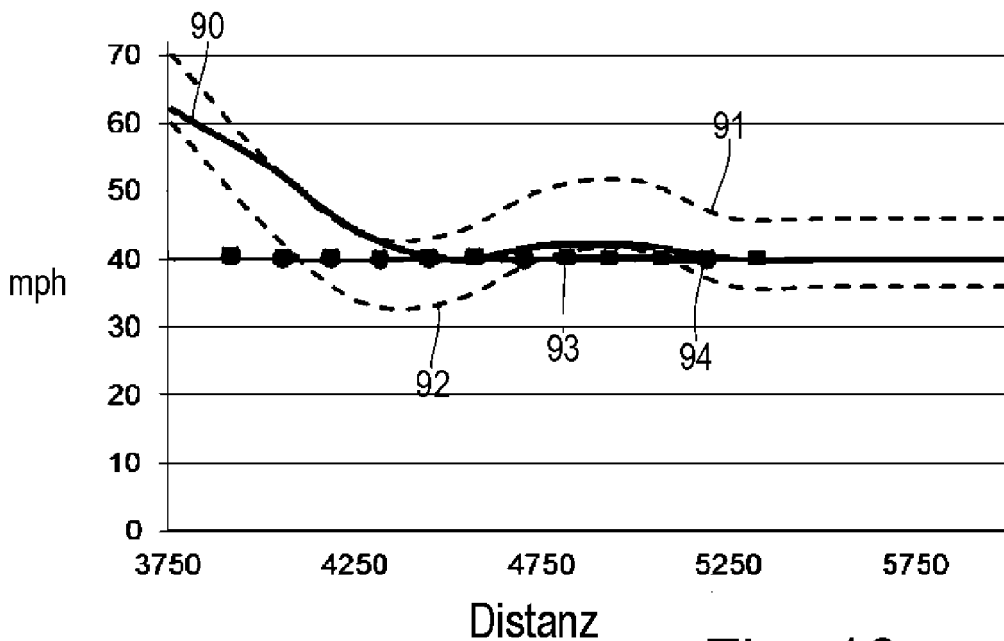


Fig. 13

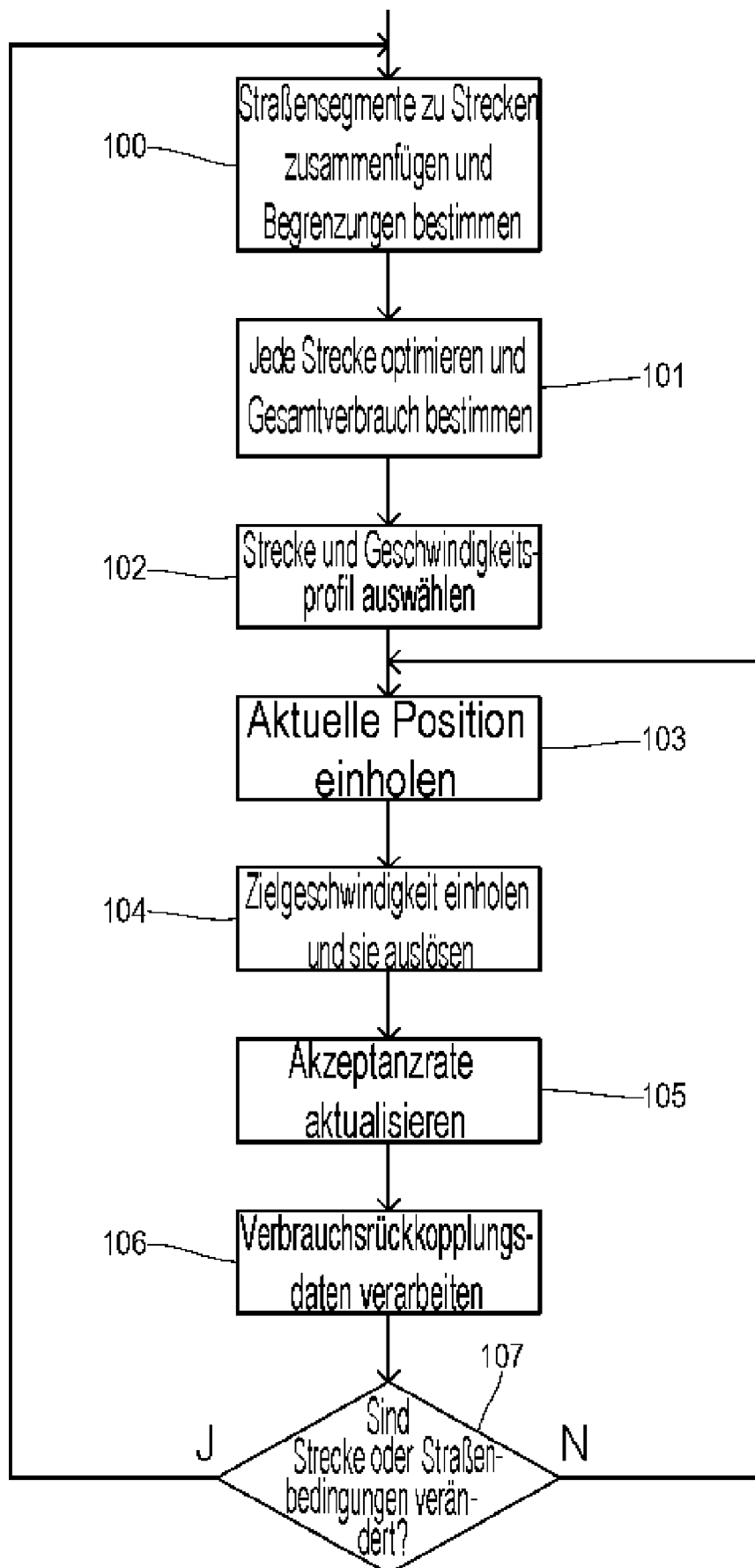


Fig. 14