

(12) 

# Österreichische Patentanmeldung

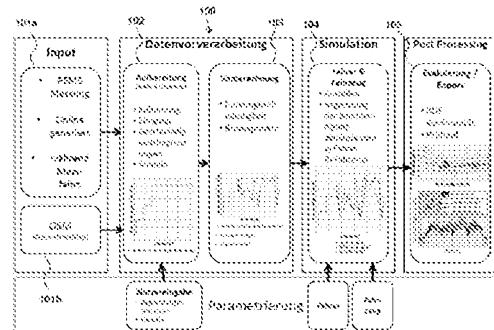
(21) Anmeldenummer: A 50822/2017 (51) Int. Cl.: **G01M 17/007** (2006.01)  
 (22) Anmeldetag: 26.09.2017  
 (43) Veröffentlicht am: 15.03.2019

---

(56) Entgegenhaltungen: WOLF ANDREAS: "Map-Based Driving Cycle Generation", Diplomarbeit (2015), Karlsruher Institut für Technologie, DOI: 10.5445/IR/1000049932 DE 102012018359 A1 US 2016171133 A1 DE 102017107271 A1	(71) Patentanmelder: AVL List GmbH 8020 Graz (AT)
	(72) Erfinder: Düser Tobias Dr.Ing. 64625 Bensheim (DE) Bauer Sascha 69469 Weinheim (DE)
	(74) Vertreter: Kopetz Heinrich Dipl.Ing. 8020 Graz (AT)

---

- (54) **Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils eines Kraftfahrzeugs**
- (57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren (100) zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils eines Kraftfahrzeugs, welches sich zur Simulation eines, insbesondere realen, Fahrbetriebs auf einer Route eignet, folgende Arbeitsschritte aufweisend: Ermitteln (102) eines in Routensegmente aufgelösten, streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils für die Route auf Grundlage von Informationen aus einer digitalen Karte; Ermitteln (103), ausgehend von dem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofil, eines streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofils, welches eine definierte maximale Sollverzögerung zum Erreichen von verbindlichen Geschwindigkeitsminima des Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt; Ermitteln (104), ausgehend von dem streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofil, eines in Zeitschritte aufgelösten zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage des durch das Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment, welches dem jeweiligen Zeitschritt entspricht, und der in dem Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit bestimmt wird; und Ausgeben (105) des zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils.



## **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils eines Kraftfahrzeugs, welches sich zur Simulation eines, insbesondere realen, Fahrbetriebs auf einer Route eignet, folgende Arbeitsschritte aufweisend:

Ermitteln eines in Routensegmente aufgelösten, streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils für die Route auf der Grundlage von Informationen aus einer digitalen Karte;

Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofil, eines streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofils, welches eine definierte maximale Sollverzögerung zum Erreichen von verbindlichen Geschwindigkeitsminima des Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt;

Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofil, eines in Zeitschritte aufgelösten zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage des durch das Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment, welches dem jeweiligen Zeitschritt entspricht, und der in dem Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit bestimmt wird; und

Ausgeben des zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils.

Fig. 1

## **Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils eines Kraftfahrzeugs**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils eines Kraftfahrzeugs, welches sich zur Simulation eines, insbesondere realen, Fahrbetriebs auf einer Route eignet.

Mit der Einführung der Real Driving Emissions (RDE)-Gesetzgebung soll die Diskrepanz zwischen Homologation und realen Emissionen bei Kraftfahrzeugen reduziert werden. Dabei müssen Kraftfahrzeuge ab September 2017 für die Typprüfung in der Europäischen Union neben einem Prüfzyklus im Labor (WLTP, WLTC) auch die 10 Einhaltung von Emissionsgrenzwerten auf der Straße unter realen Fahrbedingungen nachweisen.

Der Schadstoffausstoß im realen Fahrbetrieb rückt damit stärker denn je in den Fokus der Entwicklung. Ziel ist es letztendlich, nicht wie bisher die Emissionsgrenzwerte in einem genau vordefinierten Zyklus unter vordefinierten Randbedingungen einzuhalten, 15 sondern die Emissionsziele robust auf realen Prüffahrten auf unbekannten Strecken mit bewusst grob abgesteckten Randbedingungen einzuhalten.

Folglich hat die RDE-Gesetzgebung große Auswirkungen auf die Entwicklung neuer Kraftfahrzeugantriebe. Die Straße als Prüfumgebung sorgt für große technische Herausforderungen. Bei der klassischen zyklusbasierten Entwicklung stehen 20 Fahrversuche unter Realbedingungen erst mit Prototyp-Kraftfahrzeugen und damit am Ende des Entwicklungsprozesses an. Ein typisches RDE-Testprogramm mit mobilen Messgeräten (Portable Emission Measurement System PEMS) besteht dabei aus einer großen Anzahl an Prüffahrten auf unterschiedlichen Strecken mit verschiedenen Fahrern, um statistisch eine größtmögliche Bandbreite von Bedingungen abzudecken. 25 Werden in dieser Phase der Entwicklung grundlegende Probleme diagnostiziert, ist eine Fehlerbehebung meist nur unter hohen Kosten möglich und mit großem Aufwand verbunden.

Die Straße als Prüfumgebung bietet mit ihrer Vielzahl an Einflüssen zwar die notwendige stochastische Grundlage, um sicherzustellen, dass Kraftfahrzeuge auch im 30 Kundenbetrieb die geforderten Emissionsziele einhalten. Allerdings ist es durch die schwer kontrollierbaren Einflüsse nahezu unmöglich, bei realen Prüffahrten auf der

Straße zwei Messungen mit vergleichbaren Bedingungen durchzuführen. Aus diesem Grund lassen sich die Auswirkungen von Modifikationen an Antrieb oder Kraftfahrzeug nicht gezielt mit einem Basiszustand vergleichen. Dies macht Aussagen über die Wirksamkeit von Modifikationen schwierig. Daher ist die Straße als

5 Entwicklungsumgebung nur bedingt geeignet.

Prüfstandtests sind hingegen reproduzierbar und Einflüsse oder Parameter können bei Bedarf gezielt konstant gehalten werden. Auf diese Weise werden Auswirkungen von Einflüssen und von deren Modifikationen transparent. Zudem können Prüfstandversuche mit aufwändigerer Messtechnik durchgeführt werden, was zu aussagekräftigeren

10 Messergebnissen führt. Allerdings führen die auf einem Prüfstand abgefahrenen Prüfzyklen zu den oben geschilderten bekannten Diskrepanzen zwischen der Homologation von Kraftfahrzeugen und den später im realen Straßenverkehr erreichten Emissionswerten.

Das Dokument EP 1 672 348 A1 betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines

15 Kraftfahrzeugs auf einem Rollenprüfstand, wobei das Kraftfahrzeug mit einer Motorsteuerung ausgestattet ist, mit der eine elektronisch geregelte Frischluft- bzw. Frischluftgemisch-Beimessung und ein Automatikgetriebe oder ein elektronisch betätigbares Getriebe steuerbar ist.

Des Weiteren sind aus dem Stand der Technik weitere Prüfstände bekannt, um ein

20 Kraftfahrzeug oder Komponenten eines Kraftfahrzeugs zu testen, beispielsweise Antriebsstrangprüfstand, Getriebeprüfstand etc.

Zudem ist es möglich, ein Kraftfahrzeug oder Komponenten des Kraftfahrzeugs teilweise oder auch vollständig modellbasiert zu testen. Hierfür wird ein Modell des zu testenden Kraftfahrzeugs oder der zu testenden Komponente oder Komponenten erstellt und der

25 Fahrbetrieb anschließend anhand dieser Modelle und eines Prüfzyklus simuliert.

In einem Prüfzyklus, auch Fahrzyklus genannt, wird dabei festgelegt, unter welchen Bedingungen mit welchem Geschwindigkeitsprofil, das heißt einem zeitlichen Geschwindigkeitsablauf, ein Kraftfahrzeug betrieben wird.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine verbesserte Prüfung von Kraftfahrzeugen oder

30 deren Komponenten zu ermöglichen. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung,

eine unter den Bedingungen der RDE-Gesetzgebung geeignete, verbesserte Prüfung bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1, ein Computerprogramm nach Anspruch 27, ein computerlesbares Medium nach Anspruch 28 und eine Vorrichtung nach Anspruch 29 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen. Die Lehre der Ansprüche wird ausdrücklich zum Bestandteil der Beschreibung gemacht.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils eines Kraftfahrzeugs, welches sich zur Simulation eines, insbesondere realen, Fahrbetriebs auf einer Route eignet, vorzugsweise folgende Arbeitsschritte aufweisend:

Ermitteln eines, insbesondere in Routensegmente, aufgelösten, streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils für die Route auf der Grundlage von Informationen aus einer digitalen Karte;

15 Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofil, eines streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofils, welches eine definierte maximale Sollverzögerung zum Erreichen von verbindlichen Geschwindigkeitsminima des Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt;

20 Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofil, eines, insbesondere in Zeitschritte aufgelösten, zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage des durch das Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment, welches dem jeweiligen Zeitschritt entspricht, und der in dem Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit bestimmt wird; und

25 Ausgeben des zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils.

Vorzugsweise läuft das erfindungsgemäße Verfahren vollautomatisch, d.h. ohne Eingriff eines Benutzers, ab. Die Arbeitsschritte Ermitteln des statischen Geschwindigkeitsprofils und Ermitteln des dynamisierten Geschwindigkeitsprofils können vorzugsweise auch in einem Arbeitsschritt ausgeführt werden.

Ein zweiter und dritter Aspekt der Erfindung betreffen ein entsprechendes Computerprogramm und ein computerlesbares Medium.

Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils eines Kraftfahrzeugs, welches sich zur Simulation eines, insbesondere realen, Fahrbetriebs auf einer Route eignet, vorzugsweise aufweisend:

Mittel zum Ermitteln eines in Routensegmente aufgelösten streckenbasierten statistischen Geschwindigkeitsprofils für die Route auf der Grundlage von Informationen aus einer digitalen Karte;

10 Mittel zum Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten statistischen Geschwindigkeitsprofil, eines streckenbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils, welches eine definierte maximale Sollverzögerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt;

15 Mittel zum Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofil, eines in Zeitschritte aufgelösten, zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage der durch das Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment, welches dem jeweiligen Zeitschritt entspricht, und der in dem

20 Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit bestimmt wird; und

eine Schnittstelle zum Ausgeben des zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils.

Eine Route im Sinne der Erfindung ist eine zurückzulegende oder zurückgelegte Strecke.

Ein streckenbasiertes Geschwindigkeitsprofil im Sinne der Erfindung gibt die Geschwindigkeit in Abhängigkeit einer zurückgelegten Distanz an.

Ein statisches Geschwindigkeitsprofil im Sinne der Erfindung ist die Bezeichnung eines Zwischenergebnisses des erfindungsgemäßen Verfahrens. Insbesondere berücksichtigt das statische Geschwindigkeitsprofil keine Beschleunigung oder Bremsverzögerung.

Ein dynamisiertes Geschwindigkeitsprofil im Sinne der Erfindung ist ein weiteres Zwischenergebnis bzw. Zwischenprodukt des erfindungsgemäßen Verfahrens. Das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil berücksichtigt vorzugsweise keine positiven Beschleunigungen.

- 5 Ein zeitbasiertes Geschwindigkeitsprofil im Sinne der Erfindung weist eine Abhängigkeit der Geschwindigkeit auf einer Route von der Zeit, insbesondere einer jeweils verstrichenen Zeitdauer seit Routenbeginn, auf.

Eine digitale Karte im Sinne der Erfindung ist eine Sammlung von Daten welche Geodaten zugeordnet sind, wobei die Daten wenigstens Informationen über etwaige 10 gesetzlich vorgeschriebene Geschwindigkeitsbegrenzungen in Bezug zu den Geodaten aufweisen. Eine digitale Karte kann insbesondere eine Datenbank sein. Vorzugsweise weist eine digitale Karte weitere Informationen in Bezug auf Straßen auf.

- 15 Eine Simulation im Sinne der Erfindung kann auf einem Prüfstand oder rein modellbasiert auf einem Rechner durchgeführt werden. Vorzugsweise können bei einer Simulation auch wenigstens eine Komponente auf einem Prüfstand in einem simulierten Betrieb betrieben und wenigstens eine andere Komponente modellbasiert auf einem Rechner betrieben werden.

- 20 Ausgeben im Sinne der Erfindung bedeutet insbesondere ein Bereitstellen von Daten. Vorzugsweise kann dies an einer Datenschnittstelle und/oder auch an einer Benutzerschnittstelle geschehen.

- Ein Mittel im Sinne der Erfindung kann hard- und/oder softwaretechnisch ausgebildet sein und insbesondere eine, vorzugsweise mit einem Speicher- und/oder Bussystem daten- bzw. signalverbundene, insbesondere digitale, Verarbeitungseinheit, insbesondere Mikroprozessor-Einheit (CPU) und/oder ein oder mehrere Programme 25 oder Programm-Module aufweisen. Die CPU kann dazu ausgebildet sein, Befehle, die als ein in einem Speichersystem abgelegtes Programm implementiert sind, abzuarbeiten, Eingangssignale von einem Datenbus zu erfassen und/oder Ausgangssignale an einen Datenbus zu geben. Ein Speichersystem kann ein oder mehrere, insbesondere verschiedene, Speichermedien, insbesondere verschiedene 30 Speichermedien, insbesondere optische, magnetische, Festkörper und/oder andere nicht-flüchtige Medien, aufweisen. Das Programm kann derart beschaffen sein, dass es die hier beschriebenen Verfahren verkörpert bzw. auszuführen imstande ist, dass die

CPU die Schritte solcher Verfahren ausführen kann und damit insbesondere einen Wert einer Zielgröße in Bezug auf die Robustheit wenigstens eines Fahrzeugs einer Fahrzeuggattung bestimmen kann.

Die Erfindung basiert insbesondere auf dem Ansatz, möglichst früh im Entwicklungsprozess eines Kraftfahrzeugs möglichst realitätsnahe Fahrszenarien untersuchen zu können, um belastbare Ergebnisse für einen späteren realen Fahrbetrieb des realen Kraftfahrzeugs zu erhalten. Erfindungsgemäß wird dies erreicht, indem ein Geschwindigkeitsprofil auf der Grundlage einer realen Route erzeugt wird.

Diese Route kann in einer digitalen Karte anhand einer zuvor mit einem Kraftfahrzeug zurückgelegten Route ermittelt werden oder auch durch einen Benutzer anhand einer digitalen Karte festgelegt werden.

Ein auf diese Weise ermittelter Rohdatensatz, erfindungsgemäß streckenbasiertes statisches Geschwindigkeitsprofil genannt, wird in weiteren Arbeitsschritten in der Weise bearbeitet, dass verschiedene Randbedingungen oder Parameter in Bezug auf das Kraftfahrzeug, den jeweiligen Fahrer und/oder andere Insassen, die Straßenbedingungen der Route, die jeweiligen Witterungsbedingungen etc., eingeschränkt werden.

In einer Bearbeitungsphase der Rohdaten wird eine maximale Soll-Verzögerung berücksichtigt. Des Weiteren wird für Beschleunigungsphasen eine anliegende Beschleunigung berechnet und in dem Geschwindigkeitsprofil berücksichtigt. Sowohl die maximale Soll-Verzögerung als auch die anliegende Beschleunigung hängen dabei vorzugsweise von dem jeweiligen Fahrertyp ab.

Das Ergebnis des erfindungsgemäßen Verfahrens ist ein Geschwindigkeitsprofil, welches die Bewegung des Kraftfahrzeugs auf einer realen oder einer der Realität möglichst gut nachempfundenen artifiziellen Route realitätsnah abbildet. Dieses Geschwindigkeitsprofil kann als Grundlage für einen Prüfzyklus dienen, welcher auf einem Prüfstand oder auch in einer rein modellbasierten Prüfung des Kraftfahrzeugs und/oder dessen Komponenten zum Einsatz kommt.

Mittels dieses, erfindungsgemäß als zeitbasiertes dynamisches Geschwindigkeitsprofil bezeichneten, Geschwindigkeitsprofils können in verschiedenen Entwicklungsstufen des Entwicklungsprozesses eines Kraftfahrzeugs frühzeitig die Konformität einzelner

Komponenten oder des gesamten Kraftfahrzeugs getestet werden. Hierbei kann eine Vielfalt realer Einflüsse reproduzierbar dargestellt und durch Parametrierung dieser Einflüsse dennoch stochastische Prüfbedingungen ermöglicht werden. Insbesondere in Bezug auf die Prüfung einer RDE-Konformität kann dies von Vorteil sein.

- 5 Dies ist bei einer Prüfung im realen Straßenverkehr aufgrund mangelnder Reproduzierbarkeit sowie hoher Kosten und dem dann schon erreichten späten Zeitpunkt bzw. der Entwicklungsstufe im Entwicklungsprozess nicht effizient möglich. Besonders ist ein Lastkollektiv von Prüfung im realen Straßenverkehr nicht im Vorhinein bekannt und bis auf einige festgelegte Randbedingungen zufällig. Insbesondere
- 10 Einflüsse wie Verkehr, Wetter etc. machen eine Reproduzierbarkeit von Prüfungen im realen Straßenverkehr nahezu unmöglich.

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Prüfbetrieb auf Prüfständen oder modellbasiert ermöglicht, welcher wenigstens im Wesentlichen einem Betrieb im realen Straßenverkehr entspricht. Hierdurch werden zum einen die Diskrepanzen zwischen

- 15 Prüfbetrieb und späterem realen Betrieb beim Kunden wenigstens reduziert. Des Weiteren können eine Reihe von Entwicklungsaufgaben zu einem früheren Zeitpunkt bzw. einer früheren Entwicklungsstufe zum Entwicklungsprozess hin verschoben werden. Insbesondere aufgrund des anhaltenden Kostendrucks und der größeren Variantenvielfalt in der Kraftfahrzeugindustrie ist dies von großem Vorteil. Durch das
- 20 erfindungsgemäße Verfahren kann die Dauer realer Tests stark verkürzt werden und damit einen zeit- und kostensparenden Entwicklungsprozess gewährleisten.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens bleiben für das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil nach einer Ampel weitere Ampeln in einem definierten Bereich, bevorzugt von etwa 100 m bis 20 m, bevorzugter von etwa 80 m bis 40 m und

- 25 am bevorzugtesten von etwa 60 m, bei dem Ermitteln des Geschwindigkeitsprofils unberücksichtigt. Auf diese Weise kann vorzugsweise verhindert werden, dass Ampeln in Gegenrichtung zur Fahrtrichtung als Haltepunkte von dem Verfahren fehlinterpretiert werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine

- 30 maximale Geschwindigkeit für das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil fahrerspezifisch. Hierdurch können verschiedene Fahrertypen bzw. deren Verhalten berücksichtigt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Betrag einer Referenz eines Beschleunigungswerts in einem Zeitschritt zu einem Beschleunigungswert in einem vorausgehenden Zeitschritt geringer als ein Schwellwert, wobei der Schwellwert in Abhängigkeit von der Fahrphysik, dem Fahrzeug und/oder von 5 dem Fahrer bestimmt wird. Hierdurch können Rucke in der Längsbewegung eines Fahrzeugs, welche nicht tolerabel wären, aus dem Geschwindigkeitsprofil ausgeschlossen werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird für das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil beim Auftreten von Geschwindigkeits-10 Sprüngen im statischen Geschwindigkeitsprofil, ausgehend von einem verbindlichen Geschwindigkeitsminimum, die in den davorliegenden Routensegmenten anliegende Geschwindigkeit auf der Grundlage der jeweils in dem nachfolgenden Segment anliegenden Geschwindigkeit und einer definierten Standard-Sollverzögerung, insbesondere einer maximalen Sollverzögerung, bestimmt, bis die in einem der 15 davorliegenden Routensegmenten anliegende Geschwindigkeit den Wert des Geschwindigkeitsprofils in diesem Routensegment erreicht.

Ein Geschwindigkeits-Sprung im Sinne der Erfindung liegt vor, wenn eine Geschwindigkeitsänderung innerhalb einer definierten Distanz höher ist als ein vorgegebener Schwellwert. Dieser Schwellwert ist vorzugsweise so hoch als wenn die 20 Geschwindigkeitsänderung durch die maximale Soll-Verzögerung verursacht würde. Alternativ oder zusätzlich liegt ein Geschwindigkeits-Sprung vor, wenn der Verlauf des statischen Geschwindigkeitsprofils nicht stetig differenzierbar ist.

Eine maximale Sollverzögerung im Sinne der Erfindung wird vorzugsweise durch die Eigenschaften des Kraftfahrzeugs und/oder die Umgebungsbedingungen des 25 Kraftfahrzeugs und/oder den Fahrertyp vorgegeben.

Aufgrund der Strukturierung der Rohdaten, welche aus einer digitalen Karte stammen, entsprechen die Geschwindigkeiten des statischen Geschwindigkeitsprofils den jeweiligen durch einen Fahrer oder durch eine gesetzliche Geschwindigkeitsbegrenzung gegebenen maximalen Geschwindigkeitswerten. Diese Geschwindigkeitswerte können 30 sich von einem Routensegment auf das nächste Routensegment abrupt ändern. Dies ist selbstverständlich nicht realistisch. Ziel dieser vorteilhaften Ausgestaltung ist es daher, die eigentlichen Bremspunkte zu identifizieren, bei welchen der Fahrer anfängt zu bremsen, um das zu erreichende Geschwindigkeitsminimum in einem gewissen

Routensegment zu erreichen. Insbesondere wird erfindungsgemäß von dem zu erreichenden Geschwindigkeitsminimum ausgehend für jedes vorhergehende Routensegment bestimmt, wie dort der Geschwindigkeitswert unter Berücksichtigung einer Standard-Sollverzögerung sein musste, bis schließlich der Wert des statischen

5 Geschwindigkeitsprofils erreicht wird. Hierdurch entsteht aus dem Geschwindigkeits-Sprung im statischen Geschwindigkeitsprofil ein stetiger Verlauf der Geschwindigkeit in dem dynamisierten Geschwindigkeitsprofil. Vorzugsweise kann hierbei auch eine in den betroffenen Routensegmenten vorhandene Steigung und/oder die Beladung des Kraftfahrzeugs berücksichtigt werden.

10 In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist dieses des Weiteren die folgenden Arbeitsschritte auf:

Ermitteln eines Ausroll-Geschwindigkeitsprofils, welches eine durch das Ausrollverhalten des Fahrzeugs definierte Sollverzögerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des statischen Geschwindigkeitsprofils

15 berücksichtigt.

Die durch das Ausrollverhalten des Fahrzeugs definierte Sollverzögerung im Sinne der Erfindung ist jene Sollverzögerung, welche durch Fahrstilwiderstände des Kraftfahrzeugs selbst und Fahrwiderstände des Kraftfahrzeugs mit seiner Umgebung verursacht wird. Diese kann sowohl im eingekuppelten Zustand als auch im ausgekuppelten Zustand des

20 Kraftfahrzeugs berücksichtigt werden.

Entsprechend weist die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer vorteilhaften Ausgestaltung Mittel zum Ermitteln eines Ausroll-Geschwindigkeitsprofils, welches eine durch das Ausrollverhalten des Fahrzeugs definierte Sollverzögerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des statischen

25 Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt, auf.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden für das statische Geschwindigkeitsprofil beim Auftreten von Geschwindigkeitssprüngen im statischen Geschwindigkeitsprofil, ausgehend von einem, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminimum die in den davorliegenden

30 Routensegmenten anliegenden Geschwindigkeiten auf der Grundlage der jeweils in dem nachfolgenden Routensegment anliegenden Geschwindigkeit und der durch das Ausrollverhalten definierten Sollverzögerung bestimmt, bis die in einem der

davorliegenden Routensegmente anliegende Geschwindigkeit den Wert des statischen Geschwindigkeitsprofils in diesem Routensegment erreicht. Wie in Bezug auf die maximale Sollverzögerung geschildert, wird auch hier, ausgehend von einem Geschwindigkeitsminimum des statischen Geschwindigkeitsprofils, ein Verlauf des

- 5 Geschwindigkeitsprofils unter Berücksichtigung des Ausrollverhaltens des Kraftfahrzeugs bestimmt. Vorzugsweise kann hierbei auch eine in den betroffenen Routensegmenten vorhandene Steigung und/oder die Beladung des Kraftfahrzeugs berücksichtigt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird ein Verlauf des streckenabhängigen dynamisierten Geschwindigkeitsprofils fahrerspezifisch zwischen dem mittels der

- 10 Standard-Sollverzögerung bestimmten Verlauf und dem mittels des Ausrollverhaltens bestimmten Verlauf ermittelt. Je nach Fahrertyp kann hierdurch eine vorausschauende Fahrweise berücksichtigt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird für das dynamische Beschleunigungsprofil in einem Zeitschritt die Beschleunigung auf

- 15 einen definierten Beschleunigungswert, insbesondere kleiner oder gleich einer maximalen Soll-Beschleunigung, oder einen definierten Verzögerungswert, insbesondere größer oder gleich einer definierten Standard-Sollverzögerung, gesetzt, wenn an dem Routensegment, welches diesem Zeitschritt entspricht, die anliegende Geschwindigkeit kleiner oder größer als der Wert des dynamisierten Geschwindigkeitsprofils ist. Hierdurch 20 kann gewährleistet werden, dass sich das dynamische Geschwindigkeitsprofil der Vorgabe durch das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil annähert, bis dieses schließlich erreicht ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens hängt der definierte Beschleunigungswert vom Leistungskennfeld des Kraftfahrzeugs ab.

- 25 Hierfür wird vorzugsweise der jeweilige Betriebspunkt des Antriebs des Kraftfahrzeugs bestimmt und die mögliche abrufbare Leistung ermittelt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der definierte Beschleunigungswert innerhalb eines Toleranzbands um das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil auf eine Angleichbeschleunigung verringert, welche von der

- 30 anliegenden Geschwindigkeit in dem jeweiligen Zeitschritt abhängt. Hierdurch wird berücksichtigt, dass Fahrer im Allgemeinen schon bevor sie eine Zielgeschwindigkeit erreichen langsam die Beschleunigung verringern.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die maximale Soll-Beschleunigung fahrerspezifisch. Vorzugsweise wird für die maximale Soll-Beschleunigung eine Steigung und/oder eine Beladung des Kraftfahrzeugs und/oder ein Beschleunigungsempfinden eines Fahrers am Berg berücksichtigt.

- 5 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird für das zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil eine Schaltlogik des Fahrzeugs berücksichtigt, welche vorsieht, dass bei Erreichen einer Maximaldrehzahl des Motors hochgeschaltet und bei einer Minimaldrehzahl des Motors heruntergeschaltet wird, wobei bei einem Fahrzeug mit Handschaltung des Weiteren eine definierte Schaltpause, vorzugsweise eine Sekunde,
- 10 berücksichtigt wird. Hierdurch kann das zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil noch realitätsnäher gestaltet werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird während der Schaltpause das Geschwindigkeitsprofil auf der Grundlage der durch das Ausrollverhalten des Fahrzeugs definierten Sollverzögerung ermittelt. Das Ausrollverhalten kann dabei sowohl im ein- als auch im ausgekuppelten Zustand betrachtet werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist das erfindungsgemäße Verfahren des Weiteren den folgenden Arbeitsschritt auf:

- Überprüfen, ob in einem ersten vorausgehenden Routenabschnitt, welcher einen ersten vordefinierten Zeitraum in Bezug auf einen jeweiligen Zeitschritt darstellt, ein Geschwindigkeits-Sprung im statischen und/oder dynamisierten Geschwindigkeitsprofil vorliegt, wobei, wenn ein Geschwindigkeits-Sprung festgestellt wird, eine durch das Ausrollverhalten des Fahrzeugs definierte Sollverzögerung als definierter Verzögerungswert gewählt wird, und wobei die definierte Standard-Sollverzögerung als definierter Verzögerungswert gewählt wird, wenn die anliegende Geschwindigkeit in einem Zeitschritt und/oder dem entsprechenden Routensegment den Wert des statischen oder dynamisierten Geschwindigkeitsprofils erreicht.

Ein Routenabschnitt im Sinne der Erfindung enthält dabei ein oder mehrere Routensegmente.

Auch durch diese Maßnahme kann das dynamische Geschwindigkeitsprofil realitätsnäher gestaltet werden. Die Erfinder haben nämlich festgestellt, dass ein Fahrer ein Fahrzeug zunächst etwas ausrollen lässt, bevor er einen Bremsvorgang einleitet.

Entsprechend weist die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer vorteilhaften

- 5 Ausgestaltung Mittel zum Überprüfen auf, ob in einem ersten vorausliegenden Routenabschnitt, welcher einen ersten vordefinierten Zeitraum in Bezug auf einen jeweiligen Zeitschritt darstellt, ein Geschwindigkeits-Sprung im statischen und/oder dynamisierten Geschwindigkeitsprofil vorliegt, wobei, wenn ein Geschwindigkeits-Sprung festgestellt wird, eine durch das Ausrollverhalten des Kraftfahrzeugs definierte
- 10 Sollverzögerung als definierter Verzögerungswert gewählt wird, und wobei eine definierte Standard-Sollverzögerung als definierter Verzögerungswert gewählt wird, wenn die anliegende Geschwindigkeit in einem Zeitschritt und/oder dem entsprechenden Routensegment den Wert des statischen oder dynamischen Geschwindigkeitsprofils erreicht.
- 15 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist das erfindungsgemäße Verfahren des Weiteren den folgenden Arbeitsschritt auf:

Überprüfen, ob in einem zweiten vorausliegenden Routenabschnitt, welcher einen zweiten vordefinierten Zeitraum in Bezug auf einen jeweiligen Zeitschritt darstellt, ein Geschwindigkeits-Sprung im statischen und/oder dynamisierten Geschwindigkeitsprofil

- 20 vorliegt, wobei, wenn ein Geschwindigkeits-Sprung festgestellt wird, „Null“ als definierter Verzögerungswert gewählt wird, und wobei der zweite vordefinierte Zeitraum vorzugsweise vor dem ersten vordefinierten Zeitraum liegt.

Entsprechend weist die erfindungsgemäße Vorrichtung Mittel auf zum Überprüfen, ob in

einem vorausliegenden zweiten vordefinierten Zeitraum in Bezug auf einen jeweiligen

- 25 Zeitschritt ein Geschwindigkeits-Sprung im statischen und/oder dynamisierten Geschwindigkeitsprofil vorliegt, wobei, wenn ein Geschwindigkeits-Sprung festgestellt wird, „Null“ als vordefinierter Verzögerungswert gewählt wird, und wobei der zweite vordefinierte Zeitraum vorzugsweise vor dem ersten vordefinierten Zeitraum liegt.

Auch diese Maßnahme dient dazu, das dynamische Geschwindigkeitsprofil noch

- 30 realitätsnäher zu gestalten. Insbesondere wird das durch die Erfinder festgestellte menschliche Verhalten abgebildet, dass nicht direkt vom Beschleunigen ins Ausrollen gewechselt wird, sondern vorher die Geschwindigkeit konstant gehalten wird.

Vorzugsweise ist der zweite vordefinierte Zeitraum genauso lang wie der erste vordefinierte Zeitraum.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden für das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil Datenpunkte aus der

- 5 digitalen Karte eingelesen und/oder auf der Grundlage der Informationen aus der digitalen Karte erzeugt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird für das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil jeder Kurve eine maximale Kurvengeschwindigkeit auf der Grundlage wenigstens eines Parameters aus der

- 10 nachfolgenden Gruppe zugeordnet:

- jeweiliger Kurvenradius;
- jeweilige Krümmung;
- ein fahrerspezifischer Parameter; und/oder
- eine Maximalquerbeschleunigung.

- 15 Vorzugsweise werden Kurven mit einem Radius von größer etwa 600 m nicht als Kurven behandelt. Vorzugsweise wird auch eine minimale Kurvengeschwindigkeit von 20 km/h vorgegeben, wenn der Kurvenradius einen definierten Wert, vorzugsweise etwa 15 m, unterschreitet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird

- 20 ein Abstand zwischen den Kartenpunkten zum Ermitteln des Kurvenradius des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils in Abhängigkeit vom Winkel zwischen einer Geraden durch einen ersten und einen zweiten von aus der digitalen Karte eingelesenen Kartenpunkten und einer weiteren Geraden durch den zweiten und einen dritten von aus der digitalen Karte eingelesenen Kartenpunkten gebildet, wobei für

- 25 Winkel kleiner als etwa 45°, bevorzugt etwa 40°, am bevorzugtesten etwa 30°, erzeugte Kartenpunkte mit einem kleineren Abstand, bevorzugt etwa 3 m, bevorzugter etwa 2 m, am bevorzugtesten etwa 1 m, und für größere Winkel Kartenpunkte mit einem größeren Abstand, insbesondere dem Abstand der aus der digitalen Karte eingelesenen Rohkartendatenpunkte, verwendet wird.

Die Erfinder haben festgestellt, dass durch eine solche Auswahl der Kartenpunkte ein realer Weg eines Kraftfahrzeugs durch beliebige Kurven realitätsnah nachgebildet werden kann. Vorzugsweise wird zur Berechnung des Kurvenradius die Kreisgleichung herangezogen.

- 5 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die ausgewählten Kartenpunkte zu einer Trajektorie des Kraftfahrzeugs verbunden, insbesondere durch Interpolation.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird für das streckenbasierte Geschwindigkeitsprofil eine Kurvenmaximalgeschwindigkeit auf

- 10 der Grundlage des Kurvenradius berechnet. Vorzugsweise wird hierbei das menschliche Verhalten bei Kurvenfahrten, insbesondere fahrerspezifisch, berücksichtigt. Weiter vorzugsweise wird als Zwischenschritt zunächst eine maximale Querbeschleunigung berechnet. Vorzugsweise wird dabei berücksichtigt, dass Menschen bei geringen Geschwindigkeiten höhere Querkräfte akzeptieren als bei hohen Geschwindigkeiten.

- 15 Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Analysieren wenigstens einer Komponente eines Kraftfahrzeugs, wobei die wenigstens eine Komponente oder das Kraftfahrzeug einem realen oder simulierten Prüfbetrieb auf der Grundlage eines zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils unterzogen wird, wobei das zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil, ausgehend von einem in
- 20 Routensegmente aufgelösten streckenbasierten, insbesondere dynamisierten, Geschwindigkeitsprofil durch Auflösen in Zeitschritte ermittelt ist, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage der durch das streckenbasierte Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment, welches dem jeweiligen Zeitschritt entspricht, und der in dem Zeitschritt
- 25 anliegenden Geschwindigkeit bestimmt wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das streckenbasierte, insbesondere dynamisierte, Geschwindigkeitsprofil, ausgehend von einem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofil, ermittelt, wobei eine definierte, insbesondere maximale, Sollverzögerung zum Erreichen von, insbesondere

- 30 verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil für die Route auf der Grundlage von Informationen einer digitalen Karte ermittelt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens

- 5 hängen das dynamische Geschwindigkeitsprofil und/oder das streckenbasierte Geschwindigkeitsprofil, insbesondere die anliegende Beschleunigung, und/oder das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil, insbesondere die definierte Sollverzögerung, von einem oder mehreren Parametern ab.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens

- 10 werden ein oder mehrere Parameter variiert, um die wenigstens eine Komponente oder das Kraftfahrzeug zu analysieren.

Merkmale und Vorteile in Bezug auf den ersten Aspekt der Erfindung gelten für den zweiten und dritten Aspekt der Erfindung entsprechend und umgekehrt.

Nachfolgend werden weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung mittels

- 15 Ausführungsbeispielen in Bezug auf die Figuren erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung;

**Fig. 2** ein statisches Geschwindigkeitsprofil gemäß eines Ausführungsbeispiels der Erfindung;

- 20 **Fig. 3** ein Diagramm der Querbeschleunigungstoleranz verschiedener Fahrertypen

**Fig. 4** einen Ausschnitt eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils im Bereich einer Verzögerung;

**Fig. 5** ein dynamisches Geschwindigkeitsprofil im Vergleich mit einem gemessenen Geschwindigkeitsprofil;

- 25 **Fig. 6** dynamische Geschwindigkeitsprofile für verschiedene Fahrertypen im Vergleich zu gemessenen Geschwindigkeitsprofilen; und

**Fig. 7** ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils.

**Fig. 1** zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung.

- In einem Arbeitsschritt 101 der Datenerhebung wird der Input, d.h. die Rohdaten, für die nachfolgenden Arbeitsschritte erzeugt. Hierfür werden vorzugsweise Geodaten einer bestimmten Route R benötigt. Als Quelle für die Geodaten der Route R können hierbei reale Messungen einer Messfahrt auf der Straße dienen. Alternativ oder zusätzlich ist es aber auch möglich, Geodaten am Computer auf der Basis von Online-Karten zu erzeugen. Vorteilhafterweise kann hierbei das Erstellen einer Route R benutzerfreundlich mit Hilfe eines computerbasierten Routenplaners mit einer digitalen Karte erzeugt werden. Weiter vorzugsweise kann dies durch die Angabe weniger Routenpunkte entlang einer gewünschten Route R geschehen. Entsprechende Funktionalitäten sind zum Zeitpunkt der Anmeldung aus verschiedenen Routenplanern bekannt, zum Beispiel aus Google Maps®. Als digitale Karte kann beispielsweise OpenStreetMaps (OSM) verwendet werden. Andere Karten anderer Anbieter sind jedoch auch anwendbar.
- 15 Nach der Erstellung der Route R und/oder dem Einlesen der Geodaten auf der Grundlage einer realen Messfahrt wird in Arbeitsschritt 102 eine Aufbereitung der Routendaten anhand von Information aus der digitalen Karte vorgenommen.

- Hierfür werden aus den Geodaten der Route R Informationen, wie die topologischen und topografischen Daten, gesetzliche Geschwindigkeitslimits sowie die Position von Lichtsignalanlagen gesammelt. Vorzugsweise sind diese Informationen direkt in der digitalen Karte, welche vorzugsweise auf eine Datenbank zurückgreift oder selbst eine Datenbank ist, verfügbar. Beispielsweise existiert zu der digitalen Karte OpenStreetMaps ein eigener Datenbank-Server, aus welchem die entsprechenden Informationen abgerufen werden können. Vorzugsweise werden diese Informationen dabei auf der Grundlage der festgelegten Route R automatisch extrahiert.

Die eigentlichen Routendaten, welche nach Festlegen der Route R aus der digitalen Karte extrahiert werden, bestehen vorzugsweise aus einer Abfolge von Kartenpunkten. Im Allgemeinen sind solche Kartenpunkte in den digitalen Karten hinterlegt.

- 30 Diese Routendaten werden unter Hinzuziehung der Information aus der digitalen Karte, vorzugsweise ausgehend von Längengrad und Breitengrad der Kartenpunkte, in ein Koordinaten-System (insbesondere X, Y, Z) transformiert. Des Weiteren wird die Route R vorzugsweise auf der Grundlage der aus der digitalen Karte entnommenen

Kartenpunkte interpoliert und insbesondere auf der Grundlage dieser Interpolation weitere Kartenpunkte gebildet, welche einen definierten Abstand voneinander haben. Vorzugsweise ist dieser Abstand der erzeugten Kartenpunkte geringer als jener der Kartenpunkte, welche aus der Karte entnommen wurden. Vorzugsweise beträgt der 5 Abstand etwa 2 m. Des Weiteren werden die aus der digitalen Karte entnommenen Routenrohdaten vorzugsweise mit einem Filter geglättet, um Unstetigkeiten bei den Höhendaten auszuschließen.

Um eine maximale Kurvengeschwindigkeit berechnen zu können, wird vorzugsweise die Krümmung bzw. der Kurvenradius in den Kurven der Route R berechnet. Um einen 10 realistischen Routenverlauf bestimmen zu können, ist es hierfür zweckmäßig, für unterschiedlich starke Richtungsänderungen zur Interpolation der Route R Kartenpunkte mit verschiedenen Abständen heranzuziehen.

Hierfür wird vorzugsweise der Winkel der Richtungsänderung zwischen 15 aufeinanderfolgenden Kartenpunkten der ursprünglich aus der digitalen Karte entnommenen Kartenpunkte bestimmt. Unterschreitet dieser Winkel einen Schwellwert, vorzugsweise kleiner etwa  $45^\circ$ , bevorzugt kleiner etwa  $40^\circ$  und am bevorzugtesten kleiner etwa  $30^\circ$ , so werden die zuvor gebildeten weiteren Kartenpunkte mit kleinerem Abstand zur Interpolation in der Kurve herangezogen. Andernfalls werden die Kartenpunkte mit größerem Abstand zur Interpolation in den Kurven verwendet.

20 An Lichtsignalanlagen bzw. Ampeln, an denen später angehalten werden soll, wird eine Geschwindigkeit von 0 km/h vorgegeben. Vorzugsweise wird jede Lichtsignalanlage auf eine Länge von 4 m bzw. zwei Entfernungsschritte zwischen drei erzeugten Kartenpunkten gesetzt. Da Lichtsignalanlagen in den digitalen Karten üblicherweise nicht gerichtet sind, werden nach einer Lichtsignalanlage in Fahrtrichtung der Route R alle 25 weiteren Lichtsignalanlagen auf einer definierten Nachfolgendistanz vorzugsweise ignoriert, um nicht Lichtsignalanlagen aus der Gegenrichtung als mögliche Haltepunkte fehlzuinterpretieren. Eine solche nachfolgende Distanz beträgt vorzugsweise etwa 60 m.

30 Unabhängig davon, ob eine Route R anhand einer digitalen Karte erzeugt ist oder auf der Grundlage einer realen Messfahrt erzeugt ist, können durch die vorhandenen Geschwindigkeitsbegrenzungen entlang der Strecke vorgegebene Geschwindigkeiten vorzugsweise überschrieben werden und, wie in **Fig. 2** dargestellt, durch Geschwindigkeiten ersetzt werden, welche durch, insbesondere abschnittsweise, Verkehrsbedingungen bzw. Verkehrseinflüsse vorgegeben werden. Beispielsweise

können in einem Ausführungsbeispiel die Verkehrsbedingungen freie Fahrt, mittelstarker Verkehr und starker Verkehr gewählt werden. Auf diese Weise können realistische Verkehrsszenarien, beispielsweise im Berufsverkehr, in dem statischen Geschwindigkeitsprofil berücksichtigt werden.

- 5 Um Verkehrseinflüsse zu simulieren, gibt es verschiedenste Ansätze. Vorzugsweise wird zum Ermitteln des statischen Geschwindigkeitsprofils ein relativ einfaches Modell benutzt, das zum abschnittsweisen Herabsetzen der Geschwindigkeitswerte in den einzelnen Routensegmenten führt. Vorzugweise ist die Häufigkeit und Amplitude des Verkehrseinflusses dabei abhängig von der aus der digitalen Karte extrahierten
- 10 Geschwindigkeit und der Verkehrsstärke. Die Frequenz des Verkehrseinflusses nimmt dabei mit steigender Geschwindigkeit und Verkehrsstärke ab, wohingegen dessen Amplitude vorzugsweise zunimmt.

- Das Ergebnis der Aufbereitung der Routendaten ist ein in Routensegmente aufgelöstes, streckenbasiertes statisches Geschwindigkeitsprofil der Route R. Den einzelnen Routensegmenten wird hierbei vorzugsweise eine Krümmung, eine Steigung, ein Geschwindigkeitswert auf der Grundlage von gesetzlichen Geschwindigkeitslimits und gegebenenfalls der Verkehrsstärke und etwaige Haltepunkte durch Lichtsignalanlagen zugeordnet. Vorzugsweise können die Geschwindigkeitswerte der Routensegmente auch durch eine Vorgabe von Kurvengeschwindigkeiten beschränkt werden.
- 15
  - 20 Ein solches streckenbasiertes statisches Geschwindigkeitsprofil für einen Routenverlauf in einer digitalen Karte wird in Fig. 2 dargestellt. Wie aus dem Geschwindigkeitsprofil ersichtlich ist, werden Geschwindigkeitsveränderungen, beispielsweise durch eine Änderung der gesetzlichen Geschwindigkeitsbegrenzung oder eine Vorgabe zum Stoppen an einer Lichtsignalanlage, durch Geschwindigkeits-Sprünge realisiert. In den schraffierten Bereichen wurden in dem statischen Geschwindigkeitsprofil des Weiteren
  - 25 zwei verschiedene Verkehrsszenarien berücksichtigt.

- In einem nächsten Arbeitsschritt der Vorberechnung 103 wird, ausgehend von dem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofil, ein streckenbasiertes dynamisiertes Geschwindigkeitsprofil berechnet. Hierfür werden die streckenbasierten Geschwindigkeitswerte der Routensegmente durch weitere Randbedingungen begrenzt.
- 30

Vorzugsweise wird zunächst eine maximale Kurvengeschwindigkeit in jeder Kurve bestimmt. Vorzugsweise wird diese maximale Geschwindigkeit dabei anhand eines Modells zur Nachbildung von menschlichem Verhalten bei Kurvenfahrten berechnet.

Hierfür kommt vorzugsweise die folgende Gleichung zum Einsatz:

$$5 \quad v = \alpha \cdot k^{1/3}$$

$v$  Geschwindigkeit

$\alpha$  fahrerabhängiger Parameter

$k$  Krümmung

10 Diese Gleichung benötigt als Eingangsparameter lediglich die Krümmung  $k$  und den fahrerabhängigen Parameter  $\alpha$ . Mit dem Parameter  $\alpha$  kann eine Toleranz der Querdynamik eines jeweiligen Fahrertyps verändert werden. Der Parameter  $\alpha$  beeinflusst dabei auch die maximale Querbeschleunigung (vgl. „On the human control of vehicles: an experimental study of acceleration“, Paolo Bosetti, Mauro Da Lio, Andrea Saroldi, Eur. Transp. Res. Rev. (2014) 6:157–170). Auf diese Weise kann berücksichtigt werden, 15 dass Menschen bei geringeren Geschwindigkeiten im Allgemeinen höhere Querkräfte akzeptieren als bei hohen Geschwindigkeiten.

Entsprechende Abhängigkeiten zwischen tolerabler Querbeschleunigung und Geschwindigkeit für einen gegebenen Kurvenradius  $r$  bzw. eine Krümmung  $1/r$  und verschiedene Werte des Parameters  $\alpha$  werden in **Fig. 3** dargestellt.

20 Vorzugsweise werden Kurven mit über 600 m Radius nicht berücksichtigt, weil diese als Autobahn-ähnliche Kurven wahrgenommen werden. Des Weiteren wird vorzugsweise eine minimale Kurvengeschwindigkeit vorgegeben. Vorzugsweise beträgt diese etwa 20 km/h ab einem Radius  $r$  von weniger als 15 m.

Des Weiteren wird bei dem dynamisierten Geschwindigkeitsprofil vorzugsweise die 25 Notwendigkeit berücksichtigt, rechtzeitig zu bremsen. Um geeignete Bremspunkte vor Einbrüchen im statischen Geschwindigkeitsprofil, das heißt negativen Geschwindigkeits-Sprüngen, aufzufinden, an denen spätestens mit einer maximalen Soll-Verzögerung, welche Kraftfahrzeug-abhängig und/oder Fahrertyp-abhängig sein kann, gebremst werden muss. Hierfür wird das statische Geschwindigkeitsprofil rückwärts nach in diese

Richtung positiven Geschwindigkeits-Sprüngen abgesucht. Tritt ein solcher Geschwindigkeits-Sprung auf, wird der Geschwindigkeitswert in jedem Routensegment  $i$  ausgehend von dem Geschwindigkeitsminimum des jeweiligen Geschwindigkeits-Sprungs bzw. dem vorherigen Routensegment  $i-1$  anhand der nachfolgenden Gleichung

5 berechnet:

$$v_i = \sqrt{v_{i-1}^2 + 2 \cdot \Delta s \cdot a}$$

$v_i$  Geschwindigkeit im Routensegment  $i$

$v_{i-1}$  Geschwindigkeit im Routensegment  $i-1$

$\Delta s$  Strecke zwischen zwei Routensegmenten, insbesondere zwischen den

10 Mittelpunkten zweier Routensegmente

$a$  Standard-Sollverzögerung, insbesondere eine maximale Sollverzögerung

Die diese Geschwindigkeitswerte berücksichtigende streckenbasierte Zuordnung von Geschwindigkeitswerten zu der Route  $R$  bildet das streckenabhängige dynamisierte Geschwindigkeitsprofil.

15 Um das Verzögerungsverhalten realer Fahrer nachzubilden, wird zusätzlich zur Verzögerungskurve ein dynamisiertes Geschwindigkeitsprofil berechnet, welches sich einstellen würde, wenn der Fahrer das Kraftfahrzeug beim Auftreten von negativen Geschwindigkeits-Sprüngen im statischen Geschwindigkeitsprofil einfach ausrollen lässt. Vorzugsweise wird hierbei die Verzögerung aus der Summe der Kräfte der

20 Fahrwiderstände im eingekuppelten Zustand verwendet. Alternativ ist auch möglich, diese Berechnung im ausgekuppelten Zustand vorzunehmen.

Abhängig vom Fahrertyp wird dann eine Kombination aus Ausrollen und aktiver Verzögerung angewendet, wenn die aktuelle Geschwindigkeit zwischen einer Zielgeschwindigkeit des dynamisierten Geschwindigkeitsprofils und einer

25 Ausrollgeschwindigkeit liegt.

Liegt über einen längeren Routenabschnitt kein Geschwindigkeits-Sprung bzw. keine Geschwindigkeitsänderung vor, so wird die Geschwindigkeit in dem dynamisierten Geschwindigkeitsprofil vorzugsweise mit einem sinusartigen Schwingungsverlauf

versehen, um auch diesen Geschwindigkeitsvorgaben im Geschwindigkeitsprofil eine gewisse Fahrdynamik zu geben.

An den Arbeitsschritt der Vorausberechnung 103 schließt sich eine Simulation auf der Grundlage eines Fahrertyps und eines Kraftfahrzeugs in einem weiteren Arbeitsschritt 5 104 an.

In diesem Arbeitsschritt 104 wird vorzugsweise eine Leistungsfähigkeit bzw. das Leistungskennfeld des jeweils parametrierten Kraftfahrzeugs, insbesondere mittels eines Kraftfahrzeugmodells, sowie der jeweils parametrierte Fahrertyp, insbesondere mittels eines Fahrermodells, bei einer Berechnung oder Simulation berücksichtigt.

10 Die Geschwindigkeit wird hierbei nicht in Abhängigkeit von dem zurückgelegten Weg berechnet, sondern zeitlich aufgelöst. Vom Startpunkt der Route R ausgehend wird die Geschwindigkeit aus einer anhand eines Modells ermittelten Beschleunigung Zeitschritt für Zeitschritt unter Berücksichtigung einer Zielgeschwindigkeit, welche von dem dynamisierten Geschwindigkeitsprofil vorgegeben wird, berechnet. Hierbei gibt es für die 15 jeweilige Beschleunigung vorzugsweise Randbedingungen, welche deren Wert in dem jeweiligen Zeitschritt zusätzlich einschränken.

Für jeden Zeitschritt wird also eine Beschleunigung ermittelt, mit der das Kraftfahrzeug in diesem jeweiligen Zeitschritt beschleunigt wird. Hierfür wird vorzugsweise auch jeweils das jeweilige Routensegment bestimmt werden, welches dem jeweiligen Zeitschritt 20 entspricht.

Die vom Fahrermodell, welches auf einen Fahrertyp parametert ist, gewünschte Beschleunigung ist zunächst davon abhängig, ob die anliegende Geschwindigkeit in dem jeweiligen Zeitschritt innerhalb oder außerhalb eines um die Zielgeschwindigkeit, das heißt den Wert des dynamisierten Geschwindigkeitsprofils in dem Routensegment  $i$ , 25 welches dem Zeitschritt entspricht, liegt. Ist die anliegende Geschwindigkeit außerhalb des Bandes, tritt je nach Überschreiten oder Unterschreiten der Zielgeschwindigkeit ein Beschleunigungsfall oder ein Verzögerungsfall ein und die Simulation versucht, innerhalb vorgegebener Randbedingungen für die Beschleunigung mit einem definierten Beschleunigungswert oder einer definierten Standard-Sollverzögerung die 30 Zielgeschwindigkeit zu erreichen. Dabei ist der definierte Beschleunigungswert bzw. die Standard-Soll-Verzögerung durch eine parametrierte maximale Soll-Beschleunigung und vorzugsweise auch geschwindigkeitsabhängig durch einen Grenzwert für das Produkt

aus der anliegenden Geschwindigkeit und der anliegenden Beschleunigung ( $v_i \cdot a$ ) begrenzt.

Sobald die anliegende Geschwindigkeit das Toleranzband erreicht bzw. innerhalb des Toleranzbands ist, wird die Beschleunigung in dem Zeitschritt so gewählt, dass die

- 5 anliegende Geschwindigkeit sich asymptotisch dem Zielwert des dynamisierten Geschwindigkeitsprofils in dem, dem Zeitschritt entsprechenden, Routensegment i annähert.

Vorzugsweise kommen hierbei für die zu berechnende Angleichbeschleunigung die folgenden Gleichungen zum Einsatz:

$$10 \quad a_{angleich} = \frac{(v_{ziel} - v(t))}{(v_{ziel} - v_{Tol\ down}))} \cdot a(t)$$

oder

$$a_{angleich} = \frac{(v_{ziel} - v(t))}{(v_{ziel} - v_{Tol\ up}))} \cdot a(t)$$

Hierbei sind:

$a_{angleich}$  Angleichbeschleunigung im Toleranzband

15  $v_{ziel}$  Zielgeschwindigkeit

$v(t)$  anliegende Geschwindigkeit

$v_{Tol\ down}$  niedrigster Geschwindigkeitswert des Toleranzbands

$v_{Tol\ up}$  höchster Geschwindigkeitswert des Toleranzbands

$a(t)$  definierte Sollverzögerung oder Standard-Sollbeschleunigung

- 20 Neben dem Fahrer kommt aber auch das Kraftfahrzeug als limitierende Randbedingung für die Beschleunigung in Frage. Vorzugsweise wird deshalb in jedem Zeitschritt die Last am Motor berechnet, um gegebenenfalls die Beschleunigung des Kraftfahrzeugs aufgrund der Motorleistung, das heißt des Motorkennfelds, zu begrenzen.

- 25 Vorzugsweise ist in dem Fahrermodell des Weiteren berücksichtigt, dass einige Fahrertypen die Beschleunigung an Steigungen reduzieren. Hierfür wird zunächst die

Hangabtriebskraft in dem jeweiligen dem Zeitschritt entsprechenden Routensegment berechnet und die daraus resultierende Hangabtriebsbeschleunigung von der durch das Fahrermodell vorgegebenen Standard-Sollbeschleunigung abgezogen. Vorzugsweise wird dies aber nur bei anliegenden Geschwindigkeiten außerhalb des Toleranzbandes 5 angewendet.

Zusätzlich kann bei allen Fahrertypen eine sogenannte Vorausschau im jeweiligen Fahrermodell implementiert sein. Je nach Fahrertyp sind hierbei verschiedene Vorausschauzeiten angegeben. Aus einer solchen Vorausschauzeit ergibt sich zusammen mit der in dem jeweiligen Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit ein Bereich 10 an Routensegmenten, bis zu dem das jeweilige Fahrermodell vorausschaut.

Ausgehend hiervon wird einerseits in der Distanz des vorzugsweise doppelten Bereichs überprüft, ob die im aktuellen Zeitschritt anliegende Geschwindigkeit höher ist als die in dem doppelten Bereich vorgegebenen Zielgeschwindigkeiten des dynamisierten Geschwindigkeitsprofils. Ist dies der Fall, wird die Beschleunigung vorerst für die 15 weiteren Zeitschritte auf „Null“ gesetzt.

Zum anderen wird weiterhin überprüft, ob eine Ausroll-Geschwindigkeitskurve, ausgehend von der in dem aktuellen Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit, das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil, welches in diesem Bereich eine Bremskurve darstellt, schneiden würde. Ist dies der Fall, wird ein Ausrollen gestartet, das heißt eine 20 Ausroll-Geschwindigkeitskurve, ausgehend von der anliegenden Geschwindigkeit, angewendet.

Erst an dem Schnittpunkt dieser Ausroll-Geschwindigkeitskurve mit dem dynamisierten Geschwindigkeitsprofil, das heißt beim Schneiden mit der eigentlichen Bremskurve, wird zum Anwenden der definierten Sollverzögerung übergegangen, um dann dem 25 dynamisierten Geschwindigkeitsprofil bis zum Erreichen des durch das Bremsmanöver verursachten Geschwindigkeitsminimums zu folgen.

Diese Art der Vorausschau soll das Verhalten vieler Fahrer abbilden, vor vorhersehbaren Bremsmanövern zunächst die Geschwindigkeit nicht weiter zu erhöhen, daraufhin eine gewisse Zeit im Schubbetrieb oder alternativ auch im Segelbetrieb, das heißt 30 eingekuppelt oder ausgekuppelt, ohne aktive Bremsung, zu verzögern und erst spät mit der aktiven Bremsung zu beginnen.

Ein solches Verhalten bei einer Verzögerung unter Berücksichtigung einer Vorausschau ist in **Fig. 4** dargestellt.

Insgesamt sind in der Fig. 4 dabei fünf Graphen eingezeichnet. In dem markierten Distanzbereich sind dies von unten nach oben:

- 5 - Der unterste Graph betrifft den Verlauf, wenn das Geschwindigkeitsminimum allein durch Ausrollen im Leerlauf erreicht werden sollte.
- Der zweitunterste Graph betrifft den Verlauf eines zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils gemäß der Erfindung.
- Der drittunterste Graph betrifft den unteren Bereich des Toleranzbands um das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil, welches die Zielgeschwindigkeit vorgibt.
- Der viertunterste Graph betrifft das erfindungsgemäße streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil.
- Der oberste Graph betrifft den oberen Rand des Toleranzbands um das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil, welches die Zielgeschwindigkeit vorgibt.

Das zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil steigt in dem Abschnitt vor dem markierten Bereich ausgehend von einem Minimum zunächst an. Dieser Beschleunigungsbereich wird durch einen definierten Beschleunigungswert, 20 insbesondere kleiner oder gleich einer maximalen Soll-Beschleunigung, bestimmt. Aus diesem Grund kann die Geschwindigkeit hier nicht dem streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofil folgen, dessen Anstieg an dieser Stelle durch eine Änderung der gesetzlichen Geschwindigkeitsbegrenzung hervorgerufen wird.

Mit Beginn des markierten Bereichs setzt die Vorausschaufunktion des 25 erfindungsgemäßen Verfahrens ein. Hier wird zunächst angenommen, dass ein Fahrer, wie oben erläutert, aus der Beschleunigung zunächst in einen Zustand konstanter Geschwindigkeit übergehen würde.

Des Weiteren wird angenommen, dass der Fahrer das Fahrzeug hiernach eine gewisse Zeit ausrollen lassen würde, was den parallelen Verlauf des zeitbasierten dynamischen

Geschwindigkeitsprofils nach dem markierten Bereich erklärt. In diesem Bereich verläuft das zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil etwa parallel zum untersten Graph, dem Ausroll-Graph.

- Erreicht das zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil schließlich das
- 5 streckenbasierte dynamisierte Geschwindigkeitsprofil bzw. die Zielgeschwindigkeit, so wird schließlich angenommen, dass der Fahrer, wie bei der Berechnung des streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofils, mit der definierten Standard-Sollverzögerung, insbesondere einer maximalen Sollverzögerung, bremst, bis er das
- 10 Fahrzeug auf die Geschwindigkeit des insbesondere verbindlichen Geschwindigkeitsminimums im rechten Abschnitt des Diagramms zurückgeführt hat.

Eine aktive Bremsung mit implementierter Vorausschau gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird daher erst ca. im letzten Drittel einer notwendigen Geschwindigkeitsreduzierung vorgenommen.

- Vorzugsweise wird die Beschleunigung in dem streckenbasierten dynamisierten
- 15 Geschwindigkeitsprofil auch durch eine Begrenzung der Beschleunigung eingeschränkt, welche von dem jeweiligen Fahrertyp abhängt. Diese gewährleistet, dass eine Beschleunigungsänderung pro Zeiteinheit, insbesondere pro Sekunde, einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschreitet. Auf diese Weise ist das streckenbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil geglättet und weist vorzugsweise limitierte Rucke auf.
- 20 Dies ist für die Übertragbarkeit der erzeugten Zyklen bzw. deren Realitätsnähe entscheidend.

- Vorzugsweise ist das dem zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofil zugrundeliegende Fahrzeugmodell als Punktmasse definiert. Dieser werden zusätzlich zu Beschleunigungswiderständen und Steigungswiderständen Widerstandskräfte der
- 25 Ausrollkurve aufgeprägt, im eingekuppelten oder ausgekuppelten Zustand.

Vorzugsweise ist in dem im zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofil zugrundeliegenden Fahrzeugmodell (bei einer Automatik) oder Fahrermodell (bei einem manuellen Getriebe) eine Schaltlogik implementiert.

- Weiter vorzugsweise ist eine solche Schaltlogik abhängig von vorgegebenen
- 30 Minimaldrehzahlen und Maximaldrehzahlen und dem zur Verfügung stehenden Motormoment im aktuellen Betrieb. Werden diese Grenzen überschritten, wird, falls

vorhanden, in den entsprechend nächsthöheren oder nächstniedrigeren Gang geschaltet.

- Vorzugsweise wird parallel auch die Drehzahl im nächsthöheren und nächstniedrigeren Gang berechnet. Wird in den nachfolgenden fünf Sekunden keine Beschleunigung 5 erwartet und ist die Drehzahl im nächsthöheren Gang größer als die Minimaldrehzahl zum Schalten bei Konstantfahrt, wird hochgeschaltet. Ist in derselben Zeit eine Beschleunigung vorhanden und die Drehzahl im nächstniedrigeren Gang niedriger als die Maximaldrehzahl zum Schalten bei Beschleunigung, wird der nächstniedrigere Gang gewählt.
- 10 Zudem wird vorzugsweise dann in den niedrigeren Gang geschaltet, wenn keine ausreichende Momentenreserve vorhanden ist, auch wenn keine Beschleunigung vorliegt.

Vorzugsweise kann zur Simulation von Automatikgetrieben auch die Schaltlogik des entsprechenden Getriebes in das Fahrzeugmodell übernommen werden, um das 15 zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil zu berechnen.

Bei manuellen Getrieben kann beim Schalten vorzugsweise des Weiteren eine Schaltpause, insbesondere von etwa einer Sekunde, vorgesehen sein.

In Phasen ohne Verkehr und Streckenkrümmung kann dem zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofil des Weiteren ein vereinfachtes Regelverhalten überlagert 20 werden. Auf diese Weise ist die Geschwindigkeit über einen solchen Routenbereich bzw. einen solchen Zeitabschnitt nicht die ganze Zeit konstant, was die Bedingungen während einer Realfahrt besser wiedergibt. Vorzugsweise wird hierzu bei konstanter Geschwindigkeitsvorgabe die Soll-Geschwindigkeit mittels einer Sinus-Funktion überlagert, wobei die Amplitude und die Frequenz weiter vorzugsweise von der 25 Geschwindigkeitsvorgabe des zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils abhängen. Bei niedrigeren Geschwindigkeiten ist die Amplitude niedrig und die Frequenz hoch und umgekehrt.

Um zusätzlich eine Abschätzung der Relevanz einer Route R im Hinblick auf die RDE-Gesetzgebung abzuschätzen, kann für das jeweils betrachtete Fahrzeug eine CO<sub>2</sub>- 30 Kennlinie hinterlegt werden. Diese sogenannte V-Linie wird dabei vorzugsweise aus den Messdaten eines WLTC (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle) erzeugt. Aus

dieser kann für eine vorbestimmte Leistung der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bestimmt werden. Hierdurch kann, wie bei einer realen Testfahrt, eine PEMS-Datennachverarbeitung 105 angewendet werden und eine simulierte Testfahrt daher auf RDE-Konformität überprüft werden.

- 5 Parameter des Fahrzeugmodells sind vorzugsweise die Kraftfahrzeuggesamtmasse, Parameter für den Ausrollwiderstand, die Volllastkurve des Kraftfahrzeugs, die Getriebeübersetzung, die Differentialübersetzung, die Reifendimension und/oder die V-Linie. Fahrerparameter des Fahrermodells sind vorzugsweise die maximale Sollbeschleunigung, eine Standard-Sollverzögerung, ein maximaler Ruck, das heißt eine
- 10 maximale Beschleunigungsänderung pro Zeiteinheit, eine fahrerspezifische Höchstgeschwindigkeit und ein Wert für den Parameter  $\alpha$ , welcher die zulässige Kurvengeschwindigkeit kennzeichnet. Diese Parameter sind in der Regel einfach zu recherchieren, so dass die Parametrierung eines erfindungsgemäßen dynamischen Geschwindigkeitsprofils besonders einfach ist. Vorzugsweise sind keine detaillierten
- 15 Modellparameter notwendig. Besonders bevorzugt werden nur Parameter benötigt, die im Internet aufzufinden sind.

Vorzugsweise weist das Fahrermodell, welches dem zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofil zugrunde liegt, drei Fahrertypen auf, Fahrertyp A, B und C, welche insbesondere hinsichtlich der Fahrdynamik unterschiedliche Randbedingungen 20 durch unterschiedliche Parametrierung bereitstellen. Es sind auch weitere Fahrertypen möglich.

**Fig. 5** stellt für eine auf einer digitalen Karte definierte Route R, siehe Fig. 5 oben links, ein mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens ermitteltes zeitbasiertes dynamisches Geschwindigkeitsprofil dar, siehe durchgezogene Linie. Zum Vergleich ist als 25 Geschwindigkeitsbereich um das zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil die Bandbreite der Geschwindigkeit aus mehreren realen Testfahrten auf der realen Route R dargestellt.

Das mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugte zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil liegt größtenteils innerhalb des mittels Messfahrten erzeugten 30 Streubands. Zudem liegen die absoluten Werte des berechneten dynamischen Geschwindigkeitsprofils mit dem Fahrertyp B in ähnlichen Bereichen wie die durchschnittliche Geschwindigkeit der realen Messfahrten.

Die sinusartigen Schwingungen des dynamischen Geschwindigkeitsprofils im Bereich der Autobahngeschwindigkeit sind, wie bereits erläutert, absichtlich überlagert worden, um trotz dauerhaft konstanter Geschwindigkeitsvorgaben auf dem streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofil eine gewisse Fahrdynamik zu realisieren und des

- 5 Weiteren in einfacher Weise ein Regelverhalten von Menschen beim Einregeln von konstanten Geschwindigkeiten zu simulieren.

**Fig. 6** gibt einen vergrößerten Ausschnitt des Geschwindigkeitsprofils aus Fig. 5 wieder. Bei der Distanz 33.000 m stellen die einzelnen Graphen von unten nach oben wie folgt dar:

- 10 - Der unterste Graph betrifft ein zeitbasiertes dynamisches Geschwindigkeitsprofil für einen Fahrertyp A.
- Der zweitunterste Graph betrifft eine mittlere gemessene Geschwindigkeit für eine Vielzahl von realen Messfahrten, deren Streuband um diese mittlere Geschwindigkeit markiert ist.
- 15 - Der drittunterste Graph betrifft ein zeitbasiertes dynamisches Geschwindigkeitsprofil für einen Fahrertyp B.
- Der viertunterste Graph betrifft ein zeitbasiertes dynamisches Geschwindigkeitsprofil für einen Fahrertyp C.
- Der oberste Graph betrifft die gesetzliche Geschwindigkeitsbegrenzung in dem
- 20 dargestellten Routenabschnitt.

Aus dem Diagramm wird deutlich, dass die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens für die verschiedenen Fahrertypen berechnete Kurvengeschwindigkeit eine deutlich niedrigere Geschwindigkeit aufweist als die gesetzliche Geschwindigkeitsbegrenzung. Mit dem Parameter Fahrertyp mit den Werten A, B und C wird in diesen Bereichen die 25 Streubreite der Kurvengeschwindigkeit realer Fahrer abgedeckt. Dabei zeigt die Position eines Cursors C (vertikale Linie in dem Diagramm) in Verbindung mit einem Kreis P auf der digitalen Karte, wo sich das Kraftfahrzeug gerade auf der Route R befindet.

Abweichungen der zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofile der einzelnen Fahrertypen gegenüber den Messfahrten sind insbesondere darauf zurückzuführen,

dass in dem der Fig. 6 zugrundeliegenden Verfahren keine Störungen durch Verkehr berücksichtigt wurden.

Beim Beschleunigungs- und Verzögerungsverhalten ist die höhere Dynamik des Fahrertyps C zu erkennen und auch, dass der Fahrertyp A am frühesten mit dem

- 5 beschriebenen Ausroll-Verhalten beginnt, wenn in seinem Vorausschau-Zeitraum bzw. - Bereich feststeht, dass eine Verzögerung zu einem Geschwindigkeitsminimum hin notwendig wird.

Eine in **Fig. 7** gezeigte Vorrichtung zum Erzeugen eines dynamischen

10 Geschwindigkeitsprofils 1 weist vorzugsweise Mittel 2 zum Ermitteln eines streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils für die Route R auf der Grundlage

von Informationen aus einer digitalen Karte, Mittel 3 zum Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofil, eines streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofils, welches eine definierte maximale Soll-Verzögerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima

- 15 des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt, Mittel 4 zum Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofil, eines zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage der durch das Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment, welches dem jeweiligen

- 20 Zeitschritt entspricht, und der in dem Zeitschritt angegebenen Geschwindigkeit bestimmt wird, und eine Schnittstelle 5 zum Ausgeben des zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils. Die einzelnen Mittel 2 bis 5 sind hierbei vorzugsweise durch Datenverbindung verbunden. Des Weiteren weist die Vorrichtung 1 vorzugsweise eine weitere Schnittstelle auf, um Informationen aus einer digitalen Karte einzulesen und/oder
- 25 die Route R einzulesen. Die Schnittstellen sind hierbei vorzugsweise Datenschnittstellen und/oder Benutzerschnittstellen.

Bei den im Vorhergehenden beschriebenen Ausführungsbeispielen handelt es sich lediglich um Beispiele, die den Schutzbereich, die Anwendung und den Aufbau der erfindungsgemäßen Verfahren und Vorrichtung in keiner Weise einschränken sollen.

- 30 Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung von mindestens einem Ausführungsbeispiel gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere im Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich zu

verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und dessen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

### **Ansprüche**

1. Verfahren (100) zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils eines Fahrzeugs, welches sich zur Simulation eines, insbesondere realen, Fahrbetriebs auf einer Route eignet, folgende Arbeitsschritte aufweisend:
  - Ermitteln (102) eines in Routensegmente aufgelösten streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils für die Route auf der Grundlage von Informationen aus einer digitalen Karte;
  - Ermitteln (103), ausgehend von dem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils, eines streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofils, welches eine definierte, insbesondere maximale, Sollverzögerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt;
  - Ermitteln (104), ausgehend von dem streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofil, eines in Zeitschritte aufgelösten zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage der durch das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment, welches dem jeweiligen Zeitschritt entspricht, und der in dem Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit bestimmt wird; und
  - Ausgeben (105) des zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils.
2. Verfahren (100) nach Anspruch 1, wobei für das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil nach einer Ampel weitere Ampeln in einem definierten Bereich, bevorzugt von etwa 100 m bis 20 m, bevorzugter von etwa 80 m bis 40 m und am bevorzugtesten von etwa 60 m, bei dem Ermitteln des Geschwindigkeitsprofils unberücksichtigt bleiben.
3. Verfahren (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei für das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil eine maximale Geschwindigkeit fahrerspezifisch ist.
4. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Betrag einer Differenz eines Beschleunigungswerts in einem Zeitschritt zu einem Beschleunigungswert in einem vorausgehenden Zeitschritt geringer als ein

Schwellwert ist, wobei der Schwellwert in Abhangigkeit von der Fahrphysik, dem Fahrzeug und/oder einem Fahrer bestimmt wird.

5. Verfahren (100) nach einem der Ansprueche 1 bis 4, wobei fur das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil beim Auftreten von Geschwindigkeits-Sprugen im statischen Geschwindigkeitsprofil ausgehend von einem, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminimum die in den davor liegenden Routensegmenten anliegende Geschwindigkeit auf der Grundlage der jeweils in dem nachfolgenden Routensegment anliegenden Geschwindigkeit und einer definierten Standard-Sollverzogerung, insbesondere eine maximale Sollverzogerung, bestimmt wird, bis die in einem der davor liegenden Routensegmenten anliegende Geschwindigkeit den Wert des statischen Geschwindigkeitsprofils in diesem Routensegment erreicht.
6. Verfahren (100) nach Anspruch 5, wobei die Standard-Sollverzogerung zwischen einer maximalen Sollverzogerung und einer durch das Ausrollverhalten des Fahrzeugs definierten Ausrollverzogerung liegt und insbesondere fahrerabhangig ist.
7. Verfahren (100) nach einem der Ansprueche 1 bis 6, des Weiteren folgenden Arbeitsschritt aufweisend:  
Ermitteln eines Ausroll-Geschwindigkeitsprofils, welches eine durch das Ausrollverhalten des Kraftfahrzeugs definierte Sollverzogerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des statischen Geschwindigkeitsprofils bercksichtigt.
8. Verfahren (100) nach einem der Ansprueche 1 bis 7, wobei fur das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil beim Auftreten von Geschwindigkeits-Sprugen im statischen Geschwindigkeitsprofil ausgehend von einem, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminimum die in den davor liegenden Routensegmenten anliegende Geschwindigkeiten auf der Grundlage der jeweils in dem nachfolgenden Routensegment anliegenden Geschwindigkeit und der durch das Ausrollverhalten des Kraftfahrzeugs definierten Sollverzogerung bestimmt werden, bis die in einem der davor liegenden Routensegmente

anliegende Geschwindigkeit den Wert des statischen Geschwindigkeitsprofils in diesem Routensegment erreicht.

9. Verfahren (100) nach Anspruch 5 und 8, wobei ein Verlauf des streckenabhängigen dynamisierten Geschwindigkeitsprofils fahrerspezifisch zwischen dem mittels der Standard-Sollverzögerung bestimmten Verlauf und dem mittels des Ausrollverhaltens bestimmten Verlauf ermittelt wird.
10. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei für das dynamische Beschleunigungsprofil in einem Zeitschritt die Beschleunigung auf einen definierten Beschleunigungswert, insbesondere kleiner oder gleich einer maximalen Sollbeschleunigung, oder einen definierten Verzögerungswert, insbesondere größer oder gleich einer definierten Standard-Sollverzögerung, gesetzt wird, wenn an dem Routensegment, welches diesem Zeitschritt entspricht, die anliegende Geschwindigkeit kleiner oder größer als der Wert des dynamisierten Geschwindigkeitsprofils ist.
11. Verfahren (100) nach Anspruch 10, wobei der definierte Beschleunigungswert vom Leistungskennfeld des Kraftfahrzeugs abhängt.
12. Verfahren (100) nach Anspruch 10 oder 11, wobei der definierte Beschleunigungswert innerhalb eines Toleranzbands um das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil auf eine Angleichbeschleunigung verringert wird, welche von der anliegenden Geschwindigkeit in dem jeweiligen Zeitschritt abhängt.
13. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die maximale Sollbeschleunigung fahrerspezifisch ist.
14. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei für das zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil eine Schaltlogik des Kraftfahrzeugs berücksichtigt wird, welche vorsieht, dass bei Erreichen einer Maximaldrehzahl des Motors hochgeschaltet und bei einer Minimaldrehzahl des Motors untergeschaltet wird, wobei bei einem Kraftfahrzeug mit Handschaltung vorzugsweise des Weiteren eine definierte Schaltpause, insbesondere etwa 1 s, berücksichtigt wird.

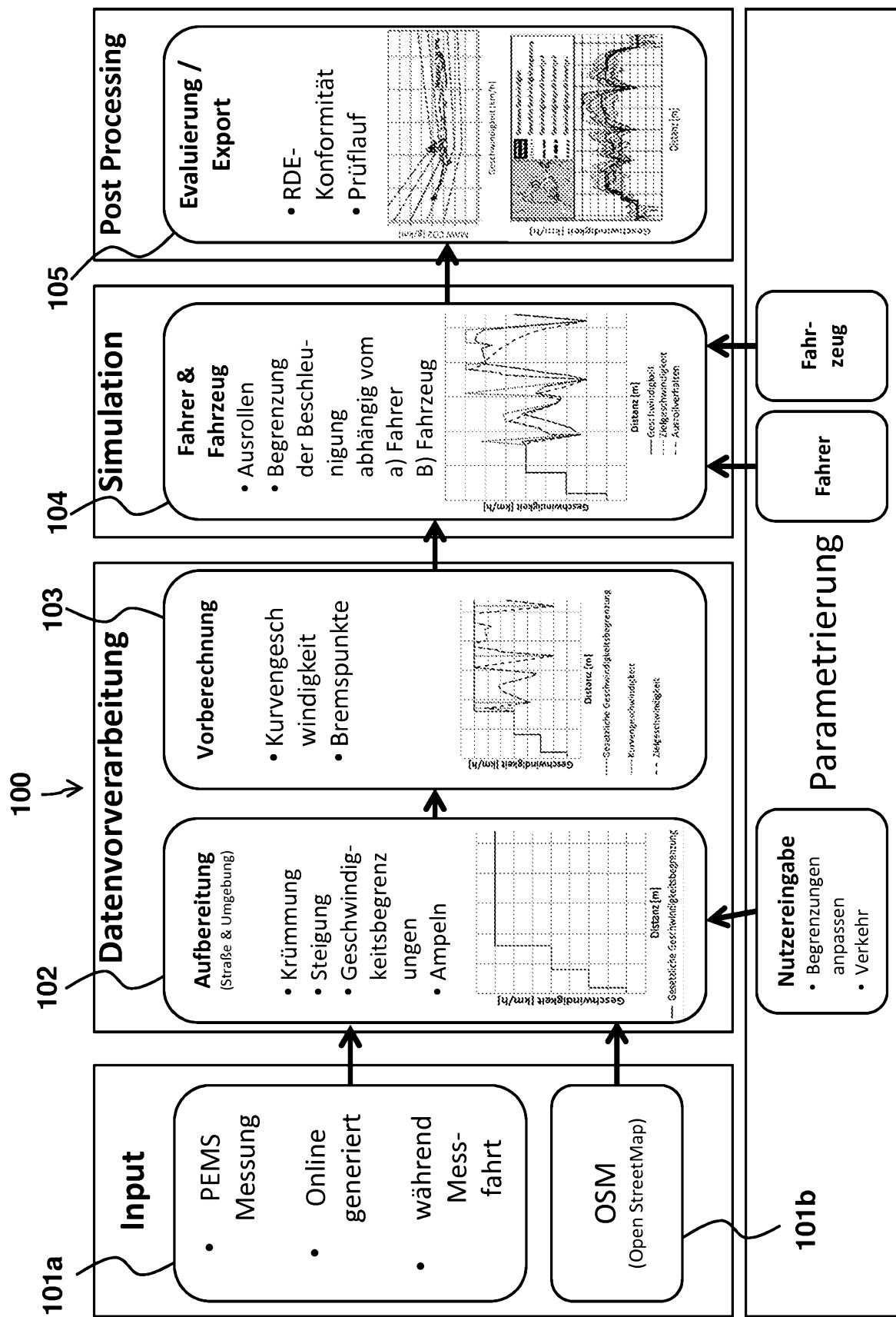
15. Verfahren (100) nach Anspruch 14, wobei während der Schaltpause das Geschwindigkeitsprofil auf der Grundlage der durch das Ausrollverhalten des Kraftfahrzeugs definierten Sollverzögerung ermittelt wird.
16. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 des Weiteren den Arbeitsschritt aufweisend:  
Überprüfen (102b; 103b), ob in einem ersten vorausliegenden Routenabschnitt, welcher einen ersten vordefinierten Zeitraum in Bezug auf einen jeweiligen Zeitschritt darstellt, ein Geschwindigkeits-Sprung im statischen oder dynamisierten Geschwindigkeitsprofil vorliegt,  
wobei, wenn ein Geschwindigkeits-Sprung festgestellt wird, eine durch das Ausrollverhalten des Kraftfahrzeugs definierte Sollverzögerung als definierter Verzögerungswert gewählt wird, und  
wobei eine definierte Standard-Sollverzögerung als definierter Verzögerungswert gewählt wird, wenn die anliegende Geschwindigkeit in einem Zeitschritt und/oder dem entsprechenden Routensegment den Wert des statischen oder dynamisierten Geschwindigkeitsprofils erreicht.
17. Verfahren nach Anspruch 16, des Weiteren den Arbeitsschritt aufweisend:  
Überprüfen (102a; 103a), ob in einem zweiten vorausliegenden Routenabschnitt, welcher einen zweiten vordefinierten Zeitraum in Bezug auf einen jeweiligen Zeitschritt darstellt, ein Geschwindigkeits-Sprung im statischen und/oder dynamisierten Geschwindigkeitsprofil vorliegt,  
wobei, wenn ein Geschwindigkeits-Sprung festgestellt wird, „Null“ als definierter Verzögerungswert gewählt wird, und  
wobei der zweite vordefinierte Zeitraum vor dem ersten vordefinierten Zeitraum liegt.
18. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei für das streckenbasierte statische oder das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil jeder Kurve eine maximale Kurvengeschwindigkeit auf der Grundlage wenigstens eines Parameters aus der nachfolgenden Gruppe zugeordnet wird:
  - jeweiliger Kurvenradius ( $r$ )
  - jeweilige Krümmung ( $1/r$ )

- ein fahrerspezifischer Parameter und/oder
  - eine maximale Querbeschleunigung.
19. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei für das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil Kartenpunkte aus der digitalen Karte eingelesenen werden und/oder auf der Grundlage der Informationen aus der digitalen Karte erzeugt werden.
20. Verfahren (100) nach Anspruch 19, wobei ein Abstand zwischen den Kartenpunkten zum Ermitteln des Kurvenradius ( $r$ ) des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils in Abhängigkeit vom Winkel zwischen einer Geraden durch einen ersten und einen zweiten von aus der digitalen Karte eingelesenen Kartenpunkten und einer weiteren Geraden durch den zweiten und einen dritten von aus der digitalen Karte eingelesenen Kartenpunkten gebildet werden, wobei für Winkel kleiner etwa  $45^\circ$ , bevorzugt kleiner etwa  $40^\circ$ , am bevorzugtesten kleiner etwa  $30^\circ$ , erzeugte Kartenpunkte mit einem kleineren Abstand, bevorzugt etwa 3 m, bevorzugter etwa 2 m, am bevorzugtesten etwa 1 m, und für größere Winkel Kartenpunkte mit einem größeren Abstand, insbesondere der Abstand der aus der digitalen Karte eingelesenen Rohdaten-Kartenpunkte ausgewählt werden.
21. Verfahren (100) nach Anspruch 20, des Weiteren den Arbeitsschritt aufweisend: Verbinden der ausgewählten Kartenpunkte zu einer Trajektorie des Kraftfahrzeugs (zur Simulation), insbesondere durch Interpolation.
22. Verfahren zum Analysieren wenigstens einer Komponente eines Kraftfahrzeugs, wobei die wenigstens eine Komponente oder das Kraftfahrzeug einem realen oder simulierten Prüfbetrieb auf der Grundlage eines zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils unterzogen wird, wobei das zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil ausgehend von einem streckenbasierten, insbesondere dynamisierten, Geschwindigkeitsprofil durch Auflösen in Zeitschritte ermittelt ist, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage der durch das streckenbasierte Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment,

welches dem jeweiligen Zeitschritt entspricht, und der in dem Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit bestimmt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, wobei das streckenbasierte, insbesondere dynamisierte, Geschwindigkeitsprofil ausgehend von einem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofil ermittelt ist, wobei eine definierte, insbesondere maximale, Sollverzögerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt wird.
24. Verfahren nach Anspruch 23, wobei das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil für die Route auf der Grundlage von Informationen aus einer digitalen Karte ermittelt ist.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 24, wobei das dynamische Geschwindigkeitsprofil und/oder das streckenbasierte Geschwindigkeitsprofil, insbesondere die anliegende Beschleunigung, und/oder das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil, insbesondere die definierte Sollverzögerung, von einem oder mehreren Parametern abhängen.
26. Verfahren nach Anspruch 25, wobei die ein oder mehreren Parameter variiert werden, um die wenigstens eine Komponente oder das Kraftfahrzeug zu analysieren.
27. Computerprogramm, das Anweisungen aufweist, welche, wenn sie von einem Computer ausgeführt werden, diesen dazu veranlassen, die Schritte eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 26 auszuführen.
28. Computer-lesbares Medium, auf dem ein Computerprogramm nach Anspruch 27 gespeichert ist.
29. Vorrichtung (1) zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils eines Fahrzeugs, welches sich zur Simulation eines, insbesondere realen, Fahrbetriebs auf einer Route eignet, aufweisend:

- Mittel (2) zum Ermitteln eines in Routensegmente aufgelösten streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils für die Route auf der Grundlage von Informationen aus einer digitalen Karte;
- Mittel (3) zum Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofil, eines streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofils, welches eine definierte maximale Sollverzögerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt;
- Mittel (4) zum Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofil, eines in Zeitschritte aufgelösten zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage der durch das Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment, welches dem jeweiligen Zeitschritt entspricht, und der in dem Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit bestimmt wird; und
- eine Schnittstelle (5) zum Ausgeben des zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils.



2/4

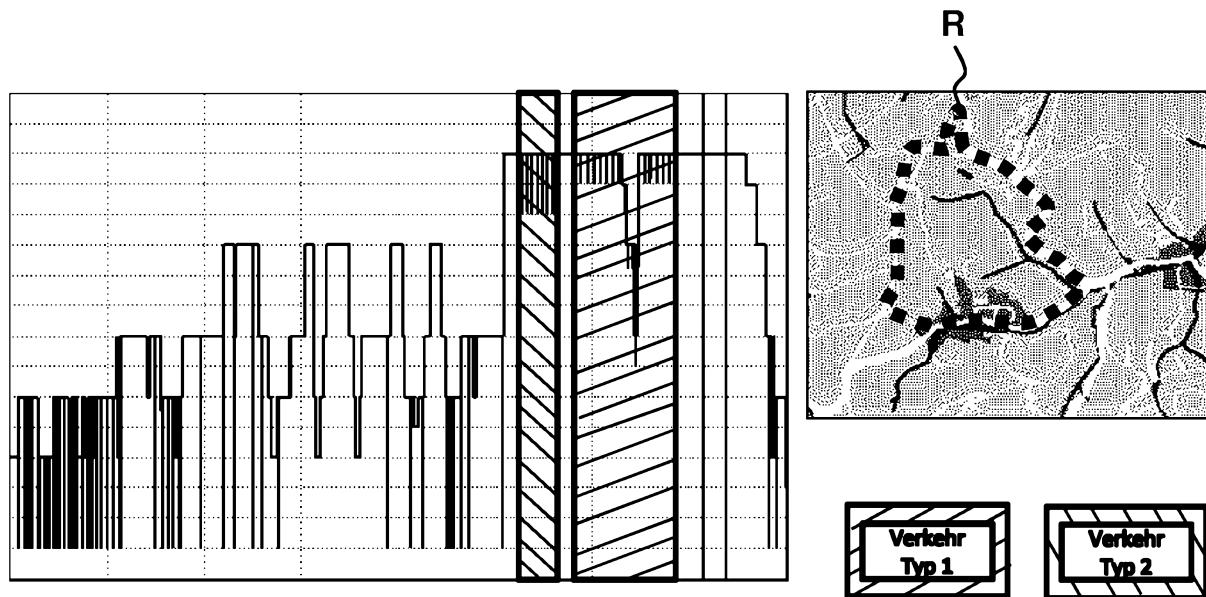


Fig. 2

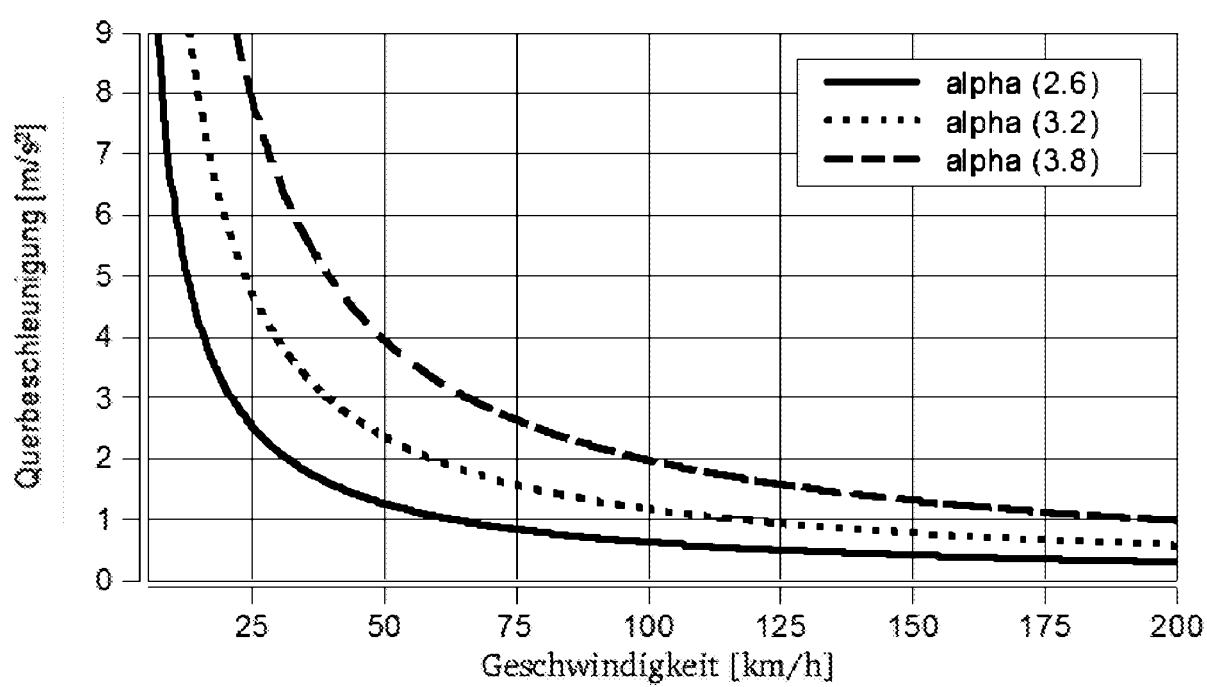


Fig. 3

3/4

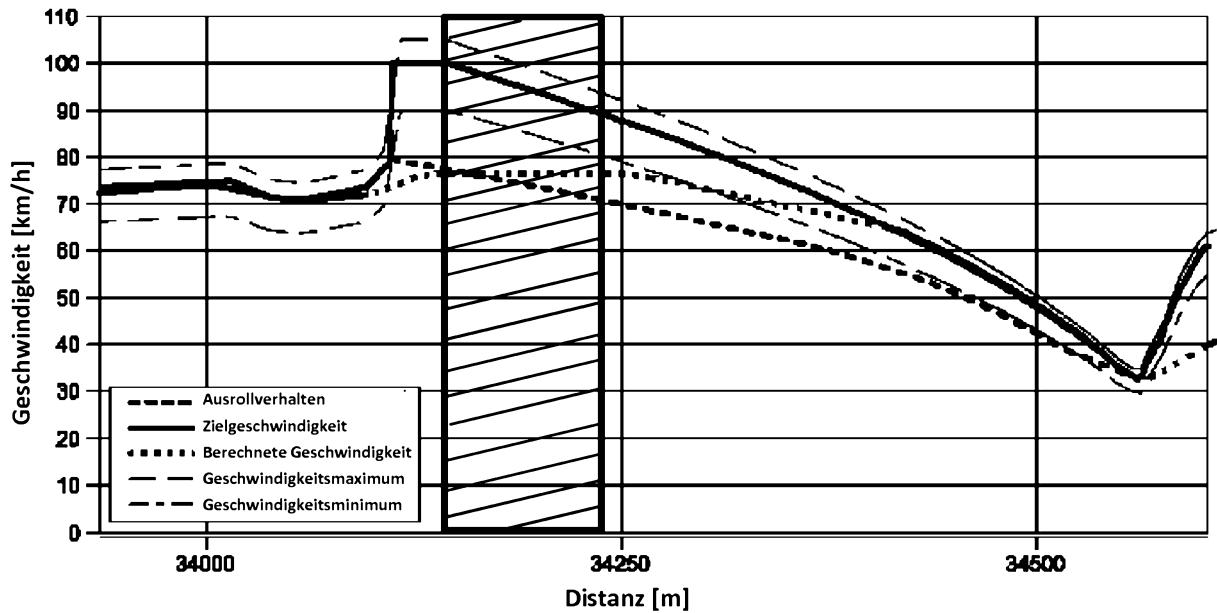


Fig. 4

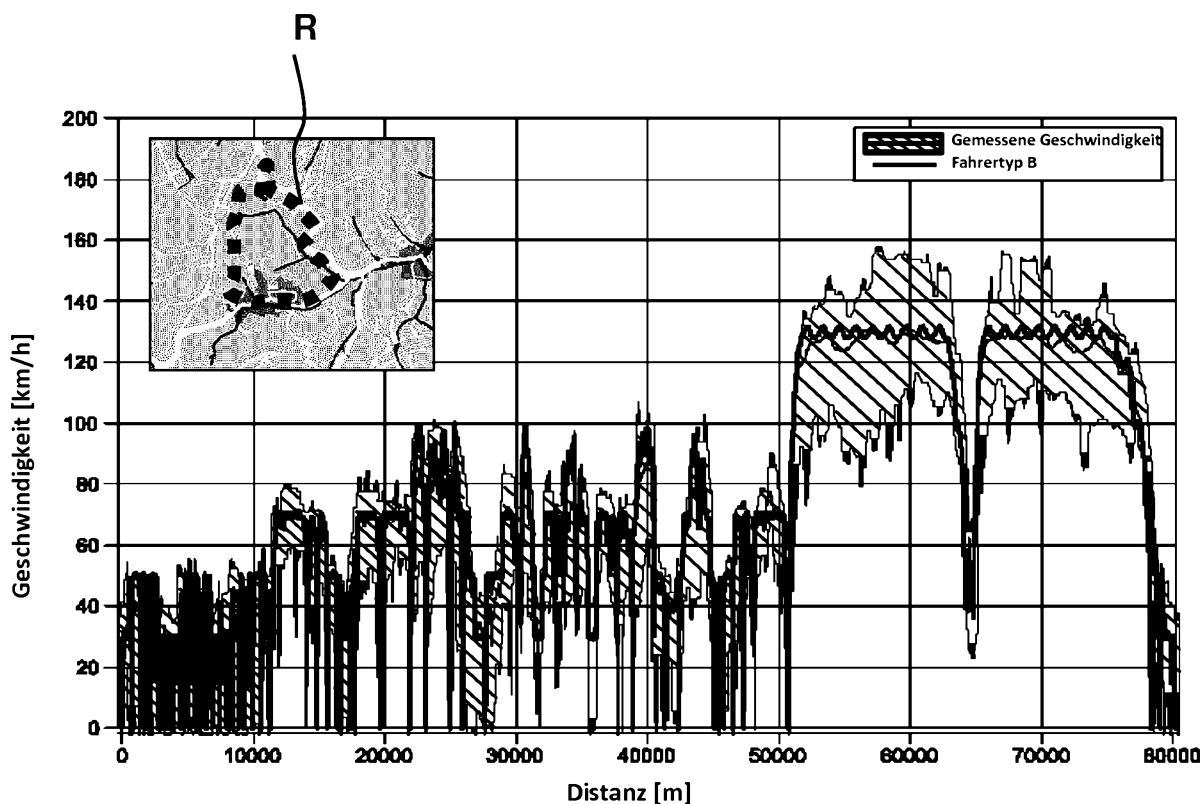


Fig. 5

4/4

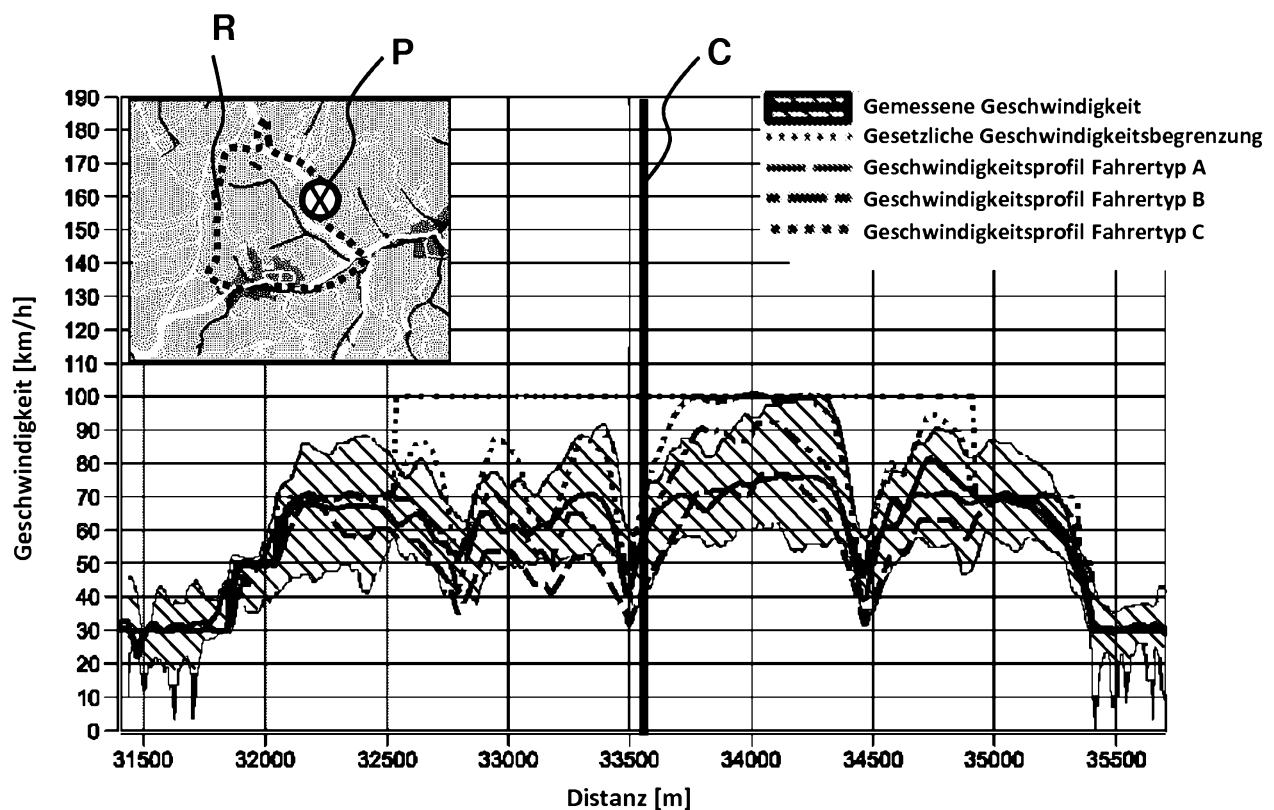


Fig. 6

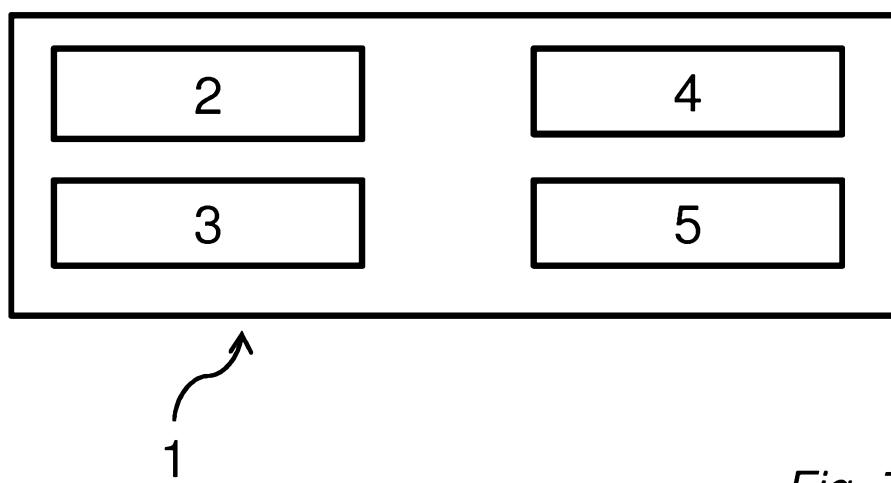


Fig. 7

### **Ansprüche**

1. Verfahren (100) zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils eines Fahrzeugs, welches sich zur Simulation eines, insbesondere realen, Fahrbetriebs auf einer Route eignet, folgende Arbeitsschritte aufweisend:
  - Ermitteln (102) eines in Routensegmente aufgelösten streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils für die Route auf der Grundlage von Informationen aus einer digitalen Karte;
  - Ermitteln (103), ausgehend von dem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofil, eines streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofils, welches eine definierte, insbesondere maximale, Sollverzögerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt;
  - Ermitteln (104), ausgehend von dem streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofil, eines in Zeitschritte aufgelösten zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage der durch das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment, welches dem jeweiligen Zeitschritt entspricht, und der in dem Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit bestimmt wird; und
  - Ausgeben (105) des zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils.
2. Verfahren (100) nach Anspruch 1, wobei für das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil nach einer Ampel weitere Ampeln in einem definierten Bereich, bevorzugt von etwa 100 m bis 20 m, bevorzugter von etwa 80 m bis 40 m und am bevorzugtesten von etwa 60 m, bei dem Ermitteln des Geschwindigkeitsprofils unberücksichtigt bleiben.
3. Verfahren (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei für das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil eine maximale Geschwindigkeit fahrerspezifisch ist.
4. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Betrag einer Differenz eines Beschleunigungswerts in einem Zeitschritt zu einem Beschleunigungswert in einem vorausgehenden Zeitschritt geringer als ein

Schwellwert ist, wobei der Schwellwert in Abhängigkeit von der Fahrphysik, dem Fahrzeug und/oder einem Fahrer bestimmt wird.

5. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei für das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil beim Auftreten von Geschwindigkeits-Sprüngen im statischen Geschwindigkeitsprofil ausgehend von einem, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminimum die in den davor liegenden Routensegmenten anliegende Geschwindigkeit auf der Grundlage der jeweils in dem nachfolgenden Routensegment anliegenden Geschwindigkeit und einer definierten Standard-Sollverzögerung, insbesondere eine maximale Sollverzögerung, bestimmt wird, bis die in einem der davor liegenden Routensegmenten anliegende Geschwindigkeit den Wert des statischen Geschwindigkeitsprofils in diesem Routensegment erreicht.
6. Verfahren (100) nach Anspruch 5, wobei die Standard-Sollverzögerung zwischen einer maximalen Sollverzögerung und einer durch das Ausrollverhalten des Fahrzeugs definierten Ausrollverzögerung liegt und insbesondere fahrerabhängig ist.
7. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, des Weiteren folgenden Arbeitsschritt aufweisend:  
Ermitteln eines Ausroll-Geschwindigkeitsprofils, welches eine durch das Ausrollverhalten des Kraftfahrzeugs definierte Sollverzögerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des statischen Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt.
8. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei für das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil beim Auftreten von Geschwindigkeits-Sprüngen im statischen Geschwindigkeitsprofil ausgehend von einem, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminimum die in den davor liegenden Routensegmenten anliegende Geschwindigkeiten auf der Grundlage der jeweils in dem nachfolgenden Routensegment anliegenden Geschwindigkeit und der durch das Ausrollverhalten des Kraftfahrzeugs definierten Sollverzögerung bestimmt werden, bis die in einem der davor liegenden Routensegmente

anliegende Geschwindigkeit den Wert des statischen Geschwindigkeitsprofils in diesem Routensegment erreicht.

9. Verfahren (100) nach Anspruch 5 und 8, wobei ein Verlauf des streckenabhängigen dynamisierten Geschwindigkeitsprofils fahrerspezifisch zwischen dem mittels der Standard-Sollverzögerung bestimmten Verlauf und dem mittels des Ausrollverhaltens bestimmten Verlauf ermittelt wird.
10. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei für das dynamische Beschleunigungsprofil in einem Zeitschritt die Beschleunigung auf einen definierten Beschleunigungswert, insbesondere kleiner oder gleich einer maximalen Sollbeschleunigung, oder einen definierten Verzögerungswert, insbesondere größer oder gleich einer definierten Standard-Sollverzögerung, gesetzt wird, wenn an dem Routensegment, welches diesem Zeitschritt entspricht, die anliegende Geschwindigkeit kleiner oder größer als der Wert des dynamisierten Geschwindigkeitsprofils ist.
11. Verfahren (100) nach Anspruch 10, wobei der definierte Beschleunigungswert vom Leistungskennfeld des Kraftfahrzeugs abhängt.
12. Verfahren (100) nach Anspruch 10 oder 11, wobei der definierte Beschleunigungswert innerhalb eines Toleranzbands um das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil auf eine Angleichbeschleunigung verringert wird, welche von der anliegenden Geschwindigkeit in dem jeweiligen Zeitschritt abhängt.
13. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die maximale Sollbeschleunigung fahrerspezifisch ist.
14. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei für das zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil eine Schaltlogik des Kraftfahrzeugs berücksichtigt wird, welche vorsieht, dass bei Erreichen einer Maximaldrehzahl des Motors hochgeschaltet und bei einer Minimaldrehzahl des Motors untergeschaltet wird, wobei bei einem Kraftfahrzeug mit Handschaltung vorzugsweise des Weiteren eine definierte Schaltpause, insbesondere etwa 1 s, berücksichtigt wird.

15. Verfahren (100) nach Anspruch 14, wobei während der Schaltpause das Geschwindigkeitsprofil auf der Grundlage der durch das Ausrollverhalten des Kraftfahrzeugs definierten Sollverzögerung ermittelt wird.
16. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 des Weiteren den Arbeitsschritt aufweisend:  
Überprüfen (102b; 103b), ob in einem ersten vorausliegenden Routenabschnitt, welcher einen ersten vordefinierten Zeitraum in Bezug auf einen jeweiligen Zeitschritt darstellt, ein Geschwindigkeits-Sprung im statischen oder dynamisierten Geschwindigkeitsprofil vorliegt,  
wobei, wenn ein Geschwindigkeits-Sprung festgestellt wird, eine durch das Ausrollverhalten des Kraftfahrzeugs definierte Sollverzögerung als definierter Verzögerungswert gewählt wird, und  
wobei eine definierte Standard-Sollverzögerung als definierter Verzögerungswert gewählt wird, wenn die anliegende Geschwindigkeit in einem Zeitschritt und/oder dem entsprechenden Routensegment den Wert des statischen oder dynamisierten Geschwindigkeitsprofils erreicht.
17. Verfahren nach Anspruch 16, des Weiteren den Arbeitsschritt aufweisend:  
Überprüfen (102a; 103a), ob in einem zweiten vorausliegenden Routenabschnitt, welcher einen zweiten vordefinierten Zeitraum in Bezug auf einen jeweiligen Zeitschritt darstellt, ein Geschwindigkeits-Sprung im statischen und/oder dynamisierten Geschwindigkeitsprofil vorliegt,  
wobei, wenn ein Geschwindigkeits-Sprung festgestellt wird, „Null“ als definierter Verzögerungswert gewählt wird, und  
wobei der zweite vordefinierte Zeitraum vor dem ersten vordefinierten Zeitraum liegt.
18. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei für das streckenbasierte statische oder das dynamisierte Geschwindigkeitsprofil jeder Kurve eine maximale Kurvengeschwindigkeit auf der Grundlage wenigstens eines Parameters aus der nachfolgenden Gruppe zugeordnet wird:
  - jeweiliger Kurvenradius ( $r$ )
  - jeweilige Krümmung ( $1/r$ )

- ein fahrerspezifischer Parameter und/oder
  - eine maximale Querbeschleunigung.
19. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei für das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil Kartenpunkte aus der digitalen Karte eingelesenen werden und/oder auf der Grundlage der Informationen aus der digitalen Karte erzeugt werden.
20. Verfahren (100) nach Anspruch 19, wobei ein Abstand zwischen den Kartenpunkten zum Ermitteln des Kurvenradius ( $r$ ) des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils in Abhängigkeit vom Winkel zwischen einer Geraden durch einen ersten und einen zweiten von aus der digitalen Karte eingelesenen Kartenpunkten und einer weiteren Geraden durch den zweiten und einen dritten von aus der digitalen Karte eingelesenen Kartenpunkten gebildet werden, wobei für Winkel kleiner etwa  $45^\circ$ , bevorzugt kleiner etwa  $40^\circ$ , am bevorzugtesten kleiner etwa  $30^\circ$ , erzeugte Kartenpunkte mit einem kleineren Abstand, bevorzugt etwa 3 m, bevorzugter etwa 2 m, am bevorzugtesten etwa 1 m, und für größere Winkel Kartenpunkte mit einem größeren Abstand, insbesondere der Abstand der aus der digitalen Karte eingelesenen Rohdaten-Kartenpunkte ausgewählt werden.
21. Verfahren (100) nach Anspruch 20, des Weiteren den Arbeitsschritt aufweisend: Verbinden der ausgewählten Kartenpunkte zu einer Trajektorie des Kraftfahrzeugs (zur Simulation), insbesondere durch Interpolation.
22. Verfahren zum Analysieren wenigstens einer Komponente eines Kraftfahrzeugs, wobei die wenigstens eine Komponente oder das Kraftfahrzeug einem realen oder simulierten Prüfbetrieb auf der Grundlage eines zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils unterzogen wird, wobei das zeitbasierte dynamische Geschwindigkeitsprofil ausgehend von einem streckenbasierten, dynamisierten Geschwindigkeitsprofil durch Auflösen in Zeitschritte ermittelt ist, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage der durch das streckenbasierte Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment,

welches dem jeweiligen Zeitschritt entspricht, und der in dem Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit bestimmt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, wobei das streckenbasierte, dynamisierte Geschwindigkeitsprofil ausgehend von einem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofil ermittelt ist, wobei eine definierte, insbesondere maximale, Sollverzögerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt wird.
24. Verfahren nach Anspruch 23, wobei das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil für die Route auf der Grundlage von Informationen aus einer digitalen Karte ermittelt ist.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 24, wobei das streckenbasierte, dynamische Geschwindigkeitsprofil, insbesondere die anliegende Beschleunigung, und/oder das streckenbasierte statische Geschwindigkeitsprofil, insbesondere die definierte Sollverzögerung, von einem oder mehreren Parametern abhängen.
26. Verfahren nach Anspruch 25, wobei die ein oder mehreren Parameter variiert werden, um die wenigstens eine Komponente oder das Kraftfahrzeug zu analysieren.
27. Computer-lesbares Medium, auf dem ein Computerprogramm gespeichert ist das Anweisungen aufweist, welche, wenn sie von einem Computer ausgeführt werden, diesen dazu veranlassen, die Schritte eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 26 auszuführen.
28. Vorrichtung (1) zum Erzeugen eines dynamischen Geschwindigkeitsprofils eines Fahrzeugs, welches sich zur Simulation eines, insbesondere realen, Fahrbetriebs auf einer Route eignet, aufweisend:
  - Mittel (2) zum Ermitteln eines in Routensegmente aufgelösten streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils für die Route auf der Grundlage von Informationen aus einer digitalen Karte;

- Mittel (3) zum Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofil, eines streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofils, welches eine definierte maximale Sollverzögerung zum Erreichen von, insbesondere verbindlichen, Geschwindigkeitsminima des streckenbasierten statischen Geschwindigkeitsprofils berücksichtigt;
- Mittel (4) zum Ermitteln, ausgehend von dem streckenbasierten dynamisierten Geschwindigkeitsprofil, eines in Zeitschritte aufgelösten zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils, wobei in jedem Zeitschritt eine anliegende Beschleunigung auf der Grundlage der durch das Geschwindigkeitsprofil vorgegebenen Geschwindigkeit in einem Routensegment, welches dem jeweiligen Zeitschritt entspricht, und der in dem Zeitschritt anliegenden Geschwindigkeit bestimmt wird; und
- eine Schnittstelle (5) zum Ausgeben des zeitbasierten dynamischen Geschwindigkeitsprofils.