

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 881/2010

(22) Anmeldetag: 31.05.2010

(45) Veröffentlicht am: 15.04.2011

(51) Int. Cl. : **G01M 17/007** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
EP 1085312A2 US 4758967A

(73) Patentinhaber:  
AVL LIST GMBH  
A-8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:  
PFISTER FELIX DR.ING.  
GRAZ (AT)  
RIEGER HERWIG DIPL.ING.  
GRAZ (AT)  
ILLMEIER FERRY DIPL.ING.  
GRAZ (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR VERIFIZIERUNG VON ANTRIEBSSTRANGSYSTEMEN**

(57) Bei einem Verfahren zur Verifizierung von Antriebsstrangsystemen für Fahrzeuge am Prüfstand werden dem Antriebsstrang reale Lastzustände entsprechend realen Fahrmanövern und gesteuert über ein Prüfstandsautomatisierungssystem aufgeprägt, wobei zumindest eine Messgröße am Antriebsstrang erfasst wird.

Um ohne Bezugnahme auf bekannte Fahrzeuge oder Systeme eine Möglichkeit zur Überprüfung des ordnungsgemäßen Funktionierens und zur Kalibrierung der Systeme zu geben, ohne reale Fahrversuche mit Gefährdung des Testfahrzeuges und der Benutzer durchführen zu müssen, werden die Lastzustände über zumindest ein mit dem Prüfstandsautomatisierungssystem zusammenwirkendes Simulationssystem manöver- und/oder ereignisbasiert in Echtzeit ermittelt, und wird die zumindest eine erfasste Messgröße dem Simulationssystem als Eingangsgröße übergeben.

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verifizierung von Antriebsstrangsystemen für Fahrzeuge am Prüfstand, wobei dem Antriebsstrang reale Lastzustände entsprechend realen Fahrmanövern und gesteuert über ein Prüfstandsautomatisierungssystem aufgeprägt werden, wobei zumindest eine Messgröße am Antriebsstrang erfasst wird, sowie eine Prüfanordnung zur Verifizierung von Antriebsstrangsystemen für Fahrzeuge am Prüfstand, mit zumindest einer mit dem Antriebsstrang koppelbaren Antriebs- und/oder Belastungsmaschine, einem Prüfstandsautomatisierungssystem zur Vorgabe einer Regelanforderung an die Antriebs- und/oder Belastungsmaschine, und zumindest einer Messeinrichtung für zumindest eine Messgröße des Antriebsstranges.

**[0002]** Die Antriebsstrang - Entwicklung soll eine Balance zwischen den Anforderungen für Kraftstoffeffizienz, Emissionen, Fahrbarkeit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit herstellen. Daher gehen die Bestrebungen dahin, Fahrzeugprüfungen auf der Straße zu reduzieren und schon im Vorfeld durch Versuche am Prüfstand Informationen über das realistische Verhalten des Antriebsstranges zu geben, so dass durch die Verknüpfung von Prüfstandsversuch und Fahrversuch eine erhöhte Qualität, verringerte Kosten und verringerte Entwicklungszeit ergeben. Für die Überprüfung komplexer Antriebsstränge, z.B. automatisierter Getriebe und Hybrid-Systeme, sind möglichst realistische Prüfbedingungen erforderlich, die bislang nur im Zuge der Gesamtfahrzeugprüfung durch Straßentests abgebildet werden können.

**[0003]** Zur Verifizierung von Systemen neuer Fahrzeuge, insbesondere von deren Antriebsstrangsystemen, werden auf einem Prüfstand reale Lastzustände, beispielsweise Drehzahl-Moment-Wertepaare, nachgefahren und dabei die Funktionen des Systems überprüft und auf die Betriebstauglichkeit getestet. Üblicherweise werden dazu die in ihren Eigenschaften nächstkommenden verfügbaren Fahrzeuge vermessen und anschließend aus Simulationsrechnungen die Lastdaten für den Prüfstand berechnet und im Prüflauf nachgefahren. Gegenwärtige Simulationswerkzeuge hingegen lassen nur die virtuelle Erzeugung von Lastdaten zu, diese sind aber nicht direkt in die Prüfstandsregelung eingebunden.

**[0004]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung waren ein Verfahren und eine Prüfanordnung, mit welcher ohne Bezugnahme auf bekannte Fahrzeuge oder Systeme eine Möglichkeit zur Überprüfung des ordnungsgemäßen Funktionierens und zur Kalibrierung der Systeme zu geben, ohne reale Fahrversuche mit Gefährdung des Testfahrzeuges und der Benutzer durchführen zu müssen.

**[0005]** Zur Lösung dieser Aufgabe ist das eingangs beschriebene Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass die Lastzustände über zumindest ein mit dem Prüfstandsautomatisierungssystem zusammenwirkendes Simulationssystem manöver- und/oder ereignisbasiert in Echtzeit ermittelt werden, und dass die zumindest eine erfasste Messgröße dem Simulationssystem als Eingangsgröße übergeben wird. Durch diese Rückkoppelung tatsächlicher am Prüfstand gemessener Größen in die Simulation, d.h. die Reaktion des getesteten Systems, bei dem alle notwendigen Sensor-Signale für die Steuerung der komplexen Antriebsstrang-Systeme (z.B. TCUs) durch Simulation erzeugt werden, ist keinerlei Bezugnahme auf andere, vorbekannte Fahrzeuge notwendig. Auch ist es unerheblich, ob das gesamte Fahrzeug, allein der Antriebsstrang oder allenfalls auch nur Teilsysteme davon getestet werden sollen, welche Varianten sich allein in der Anzahl und Anordnung der Schnittstellen zwischen realen Systemen und Prüfstand unterscheiden. Die Echtzeit-Einbindung der virtuellen Lastdaten in die Prüfstandsregelung erlaubt beispielsweise ein Frontloading in der Antriebsstrang-Verifikation. Das heißt, Antriebsstrang- Prüfung können durch die Abbildung realistischer hochdynamischer Prüflasten auf den Antriebsstrangprüfstand verlagert werden, ohne dass ein Fahrzeug zuvor auf der Straße bewegt werden muss.

**[0006]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsvariante des Verfahrens ist vorgesehen, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für die Fahrzeugeigenschaften und zumindest ein weiterer Anteil am Lastzustand aus zumindest einem weiteren Modell ermittelt

werden.

**[0007]** Eine weitere Variante sieht vor, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für die Fahrzeugumgebung ermittelt wird.

**[0008]** Eine weitere Variante kann auch dadurch gekennzeichnet sein, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für das Verkehrsgeschehen ermittelt wird.

**[0009]** Gemäß einer wieder anderen Variante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Fahrermodell ermittelt wird. Mittels zumindest eines der oben genannten Ausführungsbeispiele können Fahrmanöver wie z.B. das Fahren auf einer öffentlichen Straße, die Fahrt auf dem Nürburgring oder spezielle getrieberelevante Missbrauchsprüfungen (Handbrems - Fluchtwege) am Prüfstand abgebildet werden um ohne tatsächlichen Fahrversuch realistische Prüfergebnisse zu liefern.

**[0010]** Eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für mit dem Antriebsstrang zusammenwirkende Sensorik oder Aktorik, beispielsweise ein fahrunterstützendes System, ermittelt wird. Diese Darstellung von Regelparametern des Fahrzeuges, die aus der Fahrdynamik des Fahrzeuges heraus aktiviert werden (Lenkwinkelsensor, Gierratensensorik, Verzögerungssensorik, Abstandsradar, GPS-Streckendaten...) in der Simulation und deren Rückführung in die Fahrzeugelektronik ist wesentlich, um das Fahrzeug-Gesamtsystem wie in der Realität anzusteuern. Da das Fahrzeug ja am Prüfstand statisch integriert ist, beispielsweise auch das Lenkrad nicht bewegt wird, und die Beschleunigungssensorik im Fahrzeug keine Beschleunigung oder Verzögerung detektieren und somit etwa ein Eingreifen des ESP nicht aktivieren kann, müssen diese Größen in der Simulation abgebildet und die Simulationsgrößen zeitgleich zum dargestellten Fahrmanöver dem Fahrzeug-Regelsystem rückgeführt werden.

**[0011]** Eine weitere Variante kann auch dadurch gekennzeichnet sein, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für jene Teilsysteme eines realen Fahrzeuges ermittelt wird, welche sich zwischen der realen Schnittstelle zwischen Antriebsstrang und Prüfstand und der simulierten Fahrzeugumgebung befinden.

**[0012]** Auch kann zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für die Reifen und die Reifen-Fahrbahnkontakte eines Fahrzeuges ermittelt werden.

**[0013]** Alle der genannten Varianten und Ausführungsbeispiele des Verfahrens erlauben es - in unterschiedlicher Ausgestaltung - die gesamte Umgebung, die Straße, den Fahrer und dessen Verhalten, Verkehrs- und Fahrsituationen, usw. zu simulieren. Zusammen mit einem Fahrzeugmodell, das alle nicht real vorhandenen Bereiche - beispielsweise dessen Masse, wenn nur der Antriebsstrang verifiziert werden soll, oder auch Radaufstandskräfte, Beladung, etc. - des Fahrzeuges simuliert, bilden diese beiden grundlegenden Anteile der Simulation die Basis für die Berechnung der Lastdaten für den Prüfstand, und zwar völlig eigenständig und unabhängig von vorbekannten Fahrzeugen.

**[0014]** Die Prüfanordnung ist zur Lösung der gestellten Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, dass das Prüfstandsautomatisierungssystem ein Simulationssystem zur manöver- und/oder ereignisbasierten Ermittlung der Regelanforderung in Echtzeit beinhaltet und dass zumindest eine Messeinrichtung für zumindest eine Messgröße des Antriebsstranges mit dem Simulationssystem zur Übergabe zumindest einer Messgröße verbunden ist.

**[0015]** Vorzugweise ist dabei vorgesehen, dass das Simulationssystem neben zumindest einem Modell für die Fahrzeugeigenschaften zusätzlich zumindest ein weiteres Modell aufweist.

**[0016]** So kann vorgesehen sein, dass das Simulationssystem zumindest ein Modell für die Fahrzeugumgebung aufweist.

**[0017]** Eine andere Variante ist dadurch gekennzeichnet, dass das Simulationssystem zumindest ein Modell für Verkehrsgeschehen aufweist.

**[0018]** Vorteilhafterweise kann auch vorgesehen sein, dass das Simulationssystem zumindest

ein Fahrermodell aufweist.

**[0019]** Auch eine Variante kann vor Vorteil sein, bei welcher das Simulationssystem zumindest ein Modell für mit dem Antriebsstrang zusammenwirkende Sensorik oder Aktorik, beispielsweise ein fahrerunterstützendes System, aufweist.

**[0020]** Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist die Prüfanordnung dadurch gekennzeichnet, dass das Simulationssystem zumindest ein Modell für jene Teilsysteme eines realen Fahrzeuges aufweist, welche sich zwischen der realen Schnittstelle zwischen Antriebsstrang und Prüfstand und der simulierten Fahrzeugumgebung befinden.

**[0021]** Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass das Simulationssystem zumindest ein Modell für die die Reifen und die Reifen-Fahrbahnkontakte eines Fahrzeuges aufweist.

**[0022]** In der nachfolgenden Beschreibung soll die Erfindung näher erläutert werden, wobei als bevorzugtes Anwendungsbeispiel die Antriebsstrangerprobung an einem Antriebsstrangprüfstand mit Antriebsstrangkomponenten oder einer Gesamtfahrzeugkonfiguration dienen soll. Dabei kann durch die Einbindung eines Simulationstools zur Lastdatengenerierung für jedes einzelne Rad auf dem Prüfstand eine Abbildung des Fahrversuches wie im realen Fahrzeugbetrieb auf der Straße erzielt werden.

**[0023]** Um im Zuge beispielsweise der Verifizierung von Antriebsstrangsystemen neuer Fahrzeug die Funktionen des Systems zu überprüfen und auf die Betriebstauglichkeit zu testen, werden auf einem Prüfstand reale Lastzustände, typischerweise Drehzahl-Moment-Wertepaare, nachgefahren. Damit keine Bezugnahme auf bekannte Fahrzeuge oder Systeme notwendig ist und auch reale Fahrversuche mit Gefährdung des Testfahrzeuges und der Benutzer möglichst zu vermeiden, werden erfindungsgemäß die Lastzustände über zumindest ein mit dem Prüfstandsautomatisierungssystem zusammenwirkendes Simulationssystem manöver- und/oder ereignisbasiert in Echtzeit ermittelt. Zumindest eine erfasste Messgröße wird dabei in die Simulation zurückgeführt und dem Simulationssystem wieder als Eingangsgröße übergeben.

**[0024]** Die Lastzustände setzen sich zumindest zwei Anteilen zusammen, wobei zumindest ein Anteil aus einem Modell für die Fahrzeugeigenschaften stammt und zumindest ein weiterer Anteil aus zumindest einem weiteren Modell ermittelt wird. Dieses weitere Modell kann die Fahrzeugumgebung widerspiegeln, kann eine Simulation für das Verkehrsgeschehen rund um das Versuchsfahrzeug sein, und/oder ein Fahrermodell sein, um typische Eigenschaften menschlicher Benutzer des Fahrzeuges einzubeziehen. So können alle erdenkbaren und für das zu testende System relevante Fahrsituationen und Fahrmanöver am Prüfstand abgebildet werden.

**[0025]** Die gegenständliche Erfindung umfasst die vorteilhafte Zusammenführung eines virtuellen Fahrzeuges mit dem zu verifizierenden realen Antriebsstrang, wobei die reale Belastung des Antriebsstranges bei fehlender Komponenten durch Simulation der Belastung der physisch nicht vorhandenen Komponenten im Gesamtsystem erfolgt. Mittels Sensorsimulation nicht aktivierter Sensorik für den realen Betrieb des Antriebsstranges oder Gesamtfahrzeuges wie es in einem realen Fahrzeug der Fall wäre werden fahrdynamische Prüfungen im Umfang einer Gesamtfahrzeugprüfung am Antriebsstrangprüfstand möglich. Die Grundlage dafür bildet die Simulation und Rückspeisung der aus der Simulation generierten Werte beispielsweise eines Gierratensensors, Beschleunigungssensors, Lenkwinkelsensors, etc. Auch können Anteile am Lastzustand des zu testenden Systems aus einem Modell für mit dem Antriebsstrang zusammenwirkender Sensorik oder auch Aktorik stammen, so dass auch beispielsweise fahrerunterstützende Systeme einfach integriert werden können.

**[0026]** Ein wesentlicher Punkt für die erfindungsgemäße Möglichkeit der Verlagerung des Fahrversuches von der Straße auf beispielsweise einen Antriebsstrangprüfstand im Rahmen der Verifikation von Antriebssträngen und Gesamtfahrzeugen entsprechend der Belastungen wie im realen Fahrzeug ist eine manöver- und eventbezogene Lastdatengenerierung für jedes Rad in Echtzeit aus der Fahrversuchssimulation. Für den Testbetrieb etwa eines Antriebsstranges wie im realen Fahrzeug durch das Nachfahren eines vorgegebenen Streckenprofils bzw. Straßen-

verlaufes, der über Abbildung vorab vermessener Teststrecken in die Simulation mittels GPS Daten gegeben sein kann, erfolgt eine Ermittlung der Radmomente und Raddrehzahlen in Echtzeit für jedes einzelne Rad und in Abhängigkeit von simuliertem Fahrzeugmodell, Beladung, Fahrer und Straße, wobei insbesondere auch die detaillierte Abbildung der Fahrbahnoberfläche mit all ihren Unebenheiten, Hindernissen, unterschiedlichen Reibwerte sowie jeder gewünschte Reifentyp zur Ermittlung der Radaufstandskräfte berücksichtigt werden kann. Die mittels der Sensorik tatsächlich am Prüfstand ermittelten Werte für die tatsächlich gemessenen Radmomente und Raddrehzahlen jedes Rades werden wieder in die Simulation rückgeführt. In gleicherweise wie für Räder und Reifen können weitere Anteile am Lastzustand aus Modellen all jener Teilsysteme eines realen Fahrzeuges ermittelt werden, welche sich zwischen der realen Schnittstelle zwischen Antriebsstrang und Prüfstand und der simulierten Fahrzeugumgebung befinden.

**[0027]** Mittels beispielsweise eines Antriebsstrang-Prüfstandes als erfindungsgemäßer Prüfanzordnung, mit der die oben erläuterten Testmethoden realisiert werden können, ergeben sich besonders vorteilhafte Powertrain-in-the-Loop Prüfstände (PiL) bzw. Vehicle-in-the-Loop Prüfstände (ViL). Dazu beinhaltet das Prüfstandsautomatisierungssystem ein Simulationssystem zur manöver- und/oder ereignisbasierten Ermittlung der Regelanforderung in Echtzeit, welches über die Sensorik des Prüfstandes zumindest eine Messgröße des Antriebsstranges oder anderen Prüflings übergeben bekommt und für die weitere Simulationsrechnung nutzt.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Verifizierung von Antriebsstrangsystemen für Fahrzeuge am Prüfstand, wobei dem Antriebsstrang reale Lastzustände entsprechend realen Fahrmanövern und gesteuert über ein Prüfstandsautomatisierungssystem aufgeprägt werden, wobei zumindest eine Messgröße am Antriebsstrang erfasst wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lastzustände über zumindest ein mit dem Prüfstandsautomatisierungssystem zusammenwirkendes Simulationssystem manöver- und/oder ereignisbasiert in Echtzeit ermittelt werden, und dass die zumindest eine erfasste Messgröße dem Simulationssystem als Eingangsgröße übergeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für die Fahrzeugeigenschaften und zumindest ein weiterer Anteil am Lastzustand aus zumindest einem weiteren Modell ermittelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für die Fahrzeugumgebung ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für das Verkehrsgeschehen ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Fahrermodell ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für mit dem Antriebsstrang zusammenwirkende Sensorik oder Aktorik, beispielsweise ein fahrerunterstützendes System, ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für jene Teilsysteme eines realen Fahrzeuges ermittelt wird, welche sich zwischen der realen Schnittstelle zwischen Antriebsstrang und Prüfstand und der simulierten Fahrzeugumgebung befinden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Anteil am Lastzustand aus einem Modell für die Reifen und die Reifen-Fahrbahnkontakte eines Fahrzeuges ermittelt wird.

9. Prüfanordnung zur Verifizierung von Antriebsstrangsystemen für Fahrzeuge am Prüfstand, mit zumindest einer mit dem Antriebsstrang koppelbaren Antriebs- und/oder Belastungsmaschine, einem Prüfstandsautomatisierungssystem zur Vorgabe einer Regelanforderung an die Antriebs- und/oder Belastungsmaschine, und zumindest einer Messeinrichtung für zumindest eine Messgröße des Antriebsstranges, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Prüfstandsautomatisierungssystem ein Simulationssystem zur manöver- und/oder ereignisbasierten Ermittlung der Regelanforderung in Echtzeit beinhaltet und dass zumindest eine Messeinrichtung für zumindest eine Messgröße des Antriebsstranges mit dem Simulationssystem zur Übergabe zumindest einer Messgröße verbunden ist.
10. Prüfanordnung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Simulationssystem neben zumindest einem Modell für die Fahrzeugeigenschaften zusätzlich zumindest ein weiteres Modell aufweist.
11. Prüfanordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Simulationssystem zumindest ein Modell für die Fahrzeugumgebung aufweist.
12. Prüfanordnung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Simulationssystem zumindest ein Modell für Verkehrsgeschehen aufweist.
13. Prüfanordnung nach Anspruch 10, 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Simulationssystem zumindest ein Fahrermodell aufweist.
14. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Simulationssystem zumindest ein Modell für mit dem Antriebsstrang zusammenwirkende Sensorik oder Aktorik, beispielsweise ein fahrunterstützendes System, aufweist.
15. Prüfanordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Simulationssystem zumindest ein Modell für jene Teilsysteme eines realen Fahrzeuges aufweist, welche sich zwischen der realen Schnittstelle zwischen Antriebsstrang und Prüfstand und der simulierten Fahrzeugumgebung befinden.
16. Prüfanordnung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Simulationssystem zumindest ein Modell für die die Reifen und die Reifen-Fahrbahnkontakte eines Fahrzeuges aufweist.

**Hierzu keine Zeichnungen**