



(10) **DE 10 2019 209 541 A1** 2020.12.31

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 209 541.0**

(22) Anmeldetag: **28.06.2019**

(43) Offenlegungstag: **31.12.2020**

(51) Int Cl.: **G06Q 10/06 (2012.01)**

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**GRIMM, Andreas, 75233 Tiefenbronn-  
Muehlhausen, DE; Keler, Johannes von,  
72074 Tübingen, DE; Einsiedler, Mario, 72124**

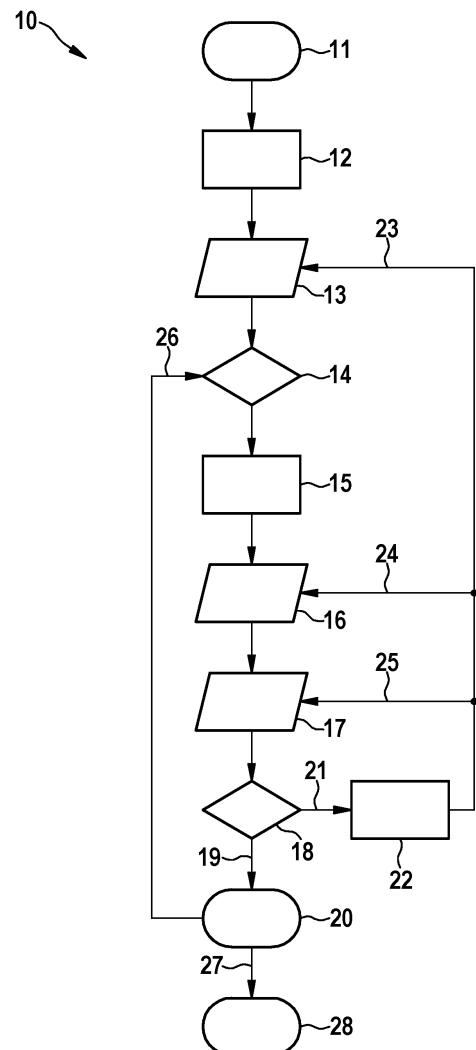
**Pliezhausen, DE; Baumann, Michael, 71069  
Sindelfingen, DE; Schmitt, Michael, 74246  
Eberstadt, DE; Atak, Muhammed, 73770  
Denkendorf, DE; Hoffmann, Patrick, 73630  
Remshalden, DE; Rhode, Stephan, 76135  
Karlsruhe, DE**

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Erfüllen einer Entwicklungsaufgabe**

(57) Zusammenfassung: Verfahren (10) zum Erfüllen einer Entwicklungsaufgabe (11), gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- die Entwicklungsaufgabe (11) wird durch Festlegung von Meilensteinen (12) in definierte Phasen (13) gegliedert,
- nach Durchlaufen (14) einer der Phasen (13) wird eine Bestimmung (15) von in der jeweiligen Phase festgestellten Einzelfehlern (16) durchgeführt,
- aus den Einzelfehlern (16) wird ein Gesamtfehler (17) für die Phase gebildet,
- anhand des Gesamtfehlers (17) wird eine Prüfung (18) vorgenommen und
- wird die Prüfung (18) bestanden (19), so gilt der betreffende Meilenstein als erreicht (20).



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erfüllen einer Entwicklungsaufgabe). Die vorliegende Erfindung betrifft darüber hinaus eine entsprechende Vorrichtung, ein entsprechendes Computerprogramm sowie ein entsprechendes Speichermedium.

### Stand der Technik

**[0002]** In der Softwaretechnik wird die Nutzung von Modellen zur Automatisierung von Testaktivitäten und zur Generierung von Testartefakten im Testprozess unter dem Oberbegriff „modellbasiertes Testen“ (model-based testing, MBT) zusammengefasst. Hinlänglich bekannt ist beispielsweise die Generierung von Testfällen aus Modellen, die das Sollverhalten des zu testenden Systems beschreiben.

**[0003]** Insbesondere eingebettete Systeme (embedded systems) sind auf schlüssige Eingangssignale von Sensoren angewiesen und stimulieren wiederum ihre Umwelt durch Ausgangssignale an unterschiedlichste Aktoren. Im Zuge der Verifikation und vorgelegter Entwicklungsphasen eines solchen Systems wird daher in einer Regelschleife dessen Modell (model in the loop, MiL), Software (software in the loop, SiL), Prozessor (processor in the loop, PiL) oder gesamte Hardware (hardware in the loop, HiL) gemeinsam mit einem Modell der Umgebung simuliert. In der Fahrzeugtechnik werden diesem Prinzip entsprechende Simulatoren zur Prüfung elektronischer Steuergeräte je nach Testphase und -objekt mitunter als Komponenten-, Modul- oder Integrationsprüfstände bezeichnet.

**[0004]** DE10303489A1 offenbart ein derartiges Verfahren zum Testen von Software einer Steuereinheit eines Fahrzeugs, bei dem durch ein Testsystem eine von der Steuereinheit steuerbare Regelstrecke wenigstens teilweise simuliert wird, indem Ausgangssignale von der Steuereinheit erzeugt werden und diese Ausgangssignale der Steuereinheit zu ersten Hardware-Bausteinen über eine erste Verbindung übertragen werden und Signale von zweiten Hardware-Bausteinen als Eingangssignale zur Steuereinheit über eine zweite Verbindung übertragen werden, wobei die Ausgangssignale als erste Steuerwerte in der Software bereitgestellt werden und zusätzlich über eine Kommunikationsschnittstelle in Echtzeit bezogen auf die Regelstrecke zum Testsystem übertragen werden.

**[0005]** Derartige Simulationen sind auf verschiedenen Gebieten der Technik verbreitet und finden beispielsweise Einsatz, um eingebettete Systeme in Elektrowerkzeugen, Motorsteuergeräten für Antriebs-, Lenk- und Bremssysteme oder gar autonomen Fahrzeugen in frühen Phasen ihrer Entwicklung

auf Tauglichkeit zu prüfen. Dennoch werden die Ergebnisse von Simulationsmodellen in vielen Entwicklungsprojekten aufgrund fehlenden Vertrauens in ihre Zuverlässigkeit nur begrenzt in Freigabeentscheidungen einbezogen.

**[0006]** Derartige Ereignisse von besonderer Bedeutung werden im Projektmanagement gemäß DIN 69901-5 als Meilensteine - bei Anwendung der neueren Stage-Gate-Technik mitunter auch als „Gates“ - bezeichnet und teilen den Projektverlauf in überprüfbare Etappen mit Zwischenzielen und erleichtern damit sowohl die Projektplanung als auch die Kontrolle des Projektfortschritts. Im nachfolgenden Zusammenhang werden die Begriffe Meilenstein und Gate synonym in einem weiten Wortsinn verwendet, der insbesondere Entscheidungen über den weiteren Fortgang eines Entwicklungsprojekts, das Vorliegen von Liefergegenständen (deliverables) oder Zwischenergebnissen, Abnahmen, Zwischenabnahmen und Prüfungen (reviews), Zusammenführen oder Verzweigen von Projektpfaden, den Beginn einer Projektphase (Phasenfreigabe), oder das Ende einer Phase (Phasenabschluss) umfasst.

### Offenbarung der Erfindung

**[0007]** Die Erfindung stellt ein Verfahren zum Erfüllen einer Entwicklungsaufgabe), eine entsprechende Vorrichtung, ein entsprechendes Computerprogramm sowie ein entsprechendes Speichermedium gemäß den unabhängigen Ansprüchen bereit.

**[0008]** Ein Vorzug dieser Lösung liegt in der eröffneten Möglichkeit einer Bewertung der Fehler in der Erstellung von Modellen und der Durchführung von Simulationen. Bei diesem schrittweisen Vorgehen werden Gates und Reviews zur Bewertung der Fehler eingefügt. Diese Bewertung der Fehler kann automatisch und kontinuierlich in der Modellerstellung und Simulationsdurchführung erfolgen.

**[0009]** Der Anwender erhält pro Fehlertyp auf diese Weise einen Anhaltspunkt dafür, ob die Fehlergröße, welche zur Optimierung von Modellparametern, zum Vergleich verschiedener Modelle oder anderweitigen Beurteilung des verwendeten Simulationsmodelles (fachsprachlich: „Fehlermaß“) dient, für die Simulationsaufgabe ausreichend ist. Der für das Fehlermaß akzeptable Wertebereich ergibt sich aus den Anforderungen an das Modell und die darin abgebildeten Größen.

**[0010]** Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Grundgedankens möglich. So kann eine gesamtheitliche Bewertung der Modell- und Simulationsqualität vorgesehen sein, welche die Vertrauenswürdigkeit und Belastbarkeit des Simula-

tionsergebnisses erhöht. Der Einfluss der einzelnen Fehler auf die Modellgüte ist in dieser Bewertung berücksichtigt und nachvollziehbar dargestellt.

**[0011]** Ferner kann vorgesehen sein, aus den Gates und der mit diesen verknüpften Bewertung der Fehler der Modellerstellung und Modellbewertung z. B. Hinweise über Rücksprünge zu vorherigen Prozessschritten, Iterationshinweise oder Quellen der Fehler abzuleiten.

**[0012]** Eine Fehlerbewertung kann in unterschiedlichen Kategorien z. B. anhand einer Ampel-Notation (rot, gelb, grün) oder nach dem Grad der Modelleignung erfolgen.

**[0013]** Schließlich ist das erfindungsgemäße Vorgehen problemlos in den Produktlebenszyklus zu integrieren und beispielsweise auf Freigabeentscheidungen, Meilensteine, Quality Gates (QGs), Musterständeablieferung, Software-Releases oder Aktualisierungen über die Luftschnittstelle (firmware over the air, FOTA) anwendbar.

#### Figurenliste

**[0014]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

**Fig. 1** das Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einer ersten Ausführungsform.

**Fig. 2** schematisch eine Arbeitsstation gemäß einer zweiten Ausführungsform.

#### Ausführungsformen der Erfindung

**[0015]** **Fig. 1** illustriert die grundlegenden Schritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens (**10**), das vom Startpunkt einer vorgegebenen Simulationsbeziehungsweise Entwicklungsaufgabe (**11**) ausgeht.

**[0016]** Erfindungsgemäß werden zunächst einzelne Gates von Modell- und Simulationsentwicklung, Verifikations- und Validierungsschritten abgeleitet (**12**).

**[0017]** Zwischen zwei Gates befindet sich die Entwicklungsphase (nachfolgend kurz: Phase). Die Beschreibung, welche Aufgaben in jeder Phase durchzuführen sind, muss ebenfalls erfolgen (**13**).

**[0018]** Erfolgt aus späteren Schritten als Maßnahme zur Fehlerreduktion eine Anpassung der Phasen und Gates, muss erneut von vorne begonnen werden. Bisherige Aufwände können ggf. weiterverwendet werden.

**[0019]** Zum Erreichen eines Gates muss die vorausgehende Phase beginnen (**14**) und durchlaufen werden. Erst nach Abschluss eines Gates (**20**) darf die

nächste Phase (**26**) begonnen werden. Hier muss auch die Annahme der späteren Fehlermaßtoleranzen bestimmt werden.

**[0020]** In jeder Phase werden die einzelnen Fehlermaße bestimmt (**15**). Aus diesen Einzelfehlern (**16**) wird mittels einer geeigneten Methode der Gesamtfehler (**17**) der Phase (nachfolgend auch: „Gate-Fehler“), etwa nach einem 80/20-Schema, um kleine Fehler zu ignorieren. Diese Bestimmung kann insbesondere das Aufsummieren von Fehlern umfassen.

**[0021]** Auf dieser Grundlage ergeht die Entscheidung (**18**), ob die Fehlermaße annehmbar sind. Falls nicht (**21**), so werden Maßnahmen zur Fehlerreduktion (**22**) angewendet.

**[0022]** Vorher durchgeführte Gates müssen neubewertet werden (**25**). Gegebenenfalls gilt dies nur selektiv für einzelne Fehlermaße, die betroffen sind (**24**).

**[0023]** Entspricht das Fehlermaß des Gates hingegen der vorher definierten Grenze (**19, 20**), so erfolgt die Bewertung der Grenzverletzungen.

**[0024]** Eine abschließende Zusammenfassung (**27**) der Fehler aus den Gates führt zu glaubwürdigen Simulationsergebnissen.

**[0025]** Dieses Verfahren (**10**) kann beispielsweise in Software oder Hardware oder in einer Mischform aus Software und Hardware beispielsweise in einer Arbeitsstation (**30**) implementiert sein, wie die schematische Darstellung der **Fig. 3** verdeutlicht.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 10303489 A1 [0004]

## Patentansprüche

1. Verfahren (10) zum Erfüllen einer Entwicklungsaufgabe (11) mittels eines Simulationsmodelles insbesondere eines in einen zumindest teilautonomen Roboter oder Fahrzeug eingebetteten Systems, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:

- die Entwicklungsaufgabe (11) wird durch Festlegung von Meilensteinen (12) in definierte Phasen (13) gegliedert,
- nach Durchlaufen (14) einer der Phasen (13) wird eine Bestimmung (15) von in der jeweiligen Phase festgestellten Einzelfehlern (16) durchgeführt,
- aus den Einzelfehlern (16) wird ein Gesamtfehler (17) für die Phase gebildet,
- anhand des Gesamtfehlers (17) wird eine Prüfung (18) vorgenommen und
- wird die Prüfung (18) bestanden (19), so gilt der betreffende Meilenstein als erreicht (20).

2. Verfahren (10) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** folgendes Merkmal:

- wird die Prüfung (18) nicht bestanden (21), so werden Fehlerreduktionsmaßnahmen (22) ergriffen.

3. Verfahren (10) nach Anspruch 2, **gekennzeichnet durch** folgendes Merkmal:

- nach den Fehlerreduktionsmaßnahmen (22) werden die Meilensteine und Phasen (13) Neubestimmt oder angepasst (23).

4. Verfahren (10) nach Anspruch 2 oder 3, **gekennzeichnet durch** folgendes Merkmal:

- nach den Fehlerreduktionsmaßnahmen (22) werden einzelne Fehlermaße der jeweiligen Phase neubewertet (24).

5. Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **gekennzeichnet durch** folgendes Merkmal:

- nach den Fehlerreduktionsmaßnahmen (22) wird der Gesamtfehler (17) für die Phase neubewertet (25).

6. Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet durch** folgendes Merkmal:

- nach dem Erreichen (20) des Meilensteins wird das Verfahren (10) gegebenenfalls mit der jeweils nächsten Phase fortgesetzt (26).

7. Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** folgendes Merkmal:

- nach dem Erreichen (20) des letzten Meilensteins wird eine das Simulationsmodell betreffende Gesamtaussage (27) getroffen.

8. Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass abhängig von der Prüfung (18) eine automatische Verbesserung von in der Prüfung (18) erkannten Fehlern des Systems erfolgt

9. Computerprogramm, welches eingerichtet ist, das Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 auszuführen.

10. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 9 gespeichert ist.

11. Vorrichtung (30), die eingerichtet ist, das Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 auszuführen.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

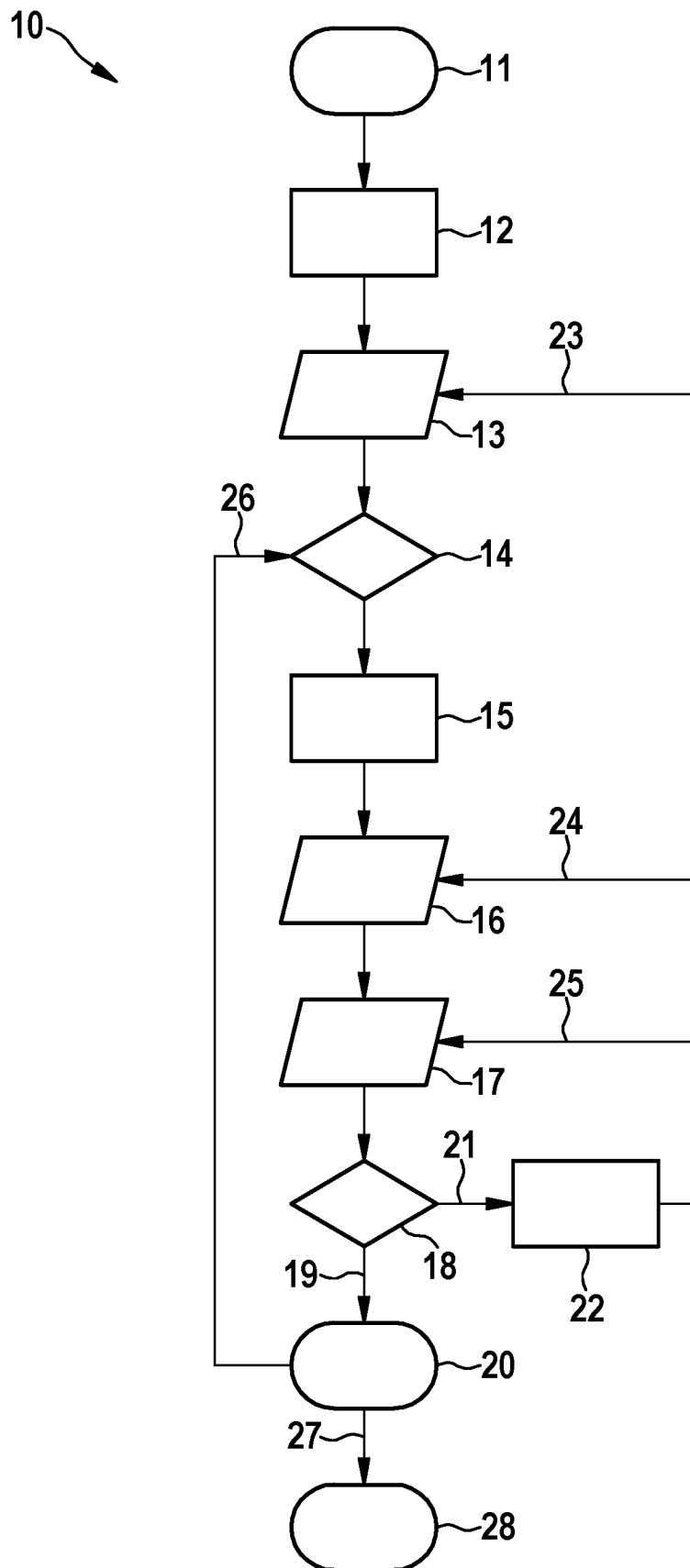
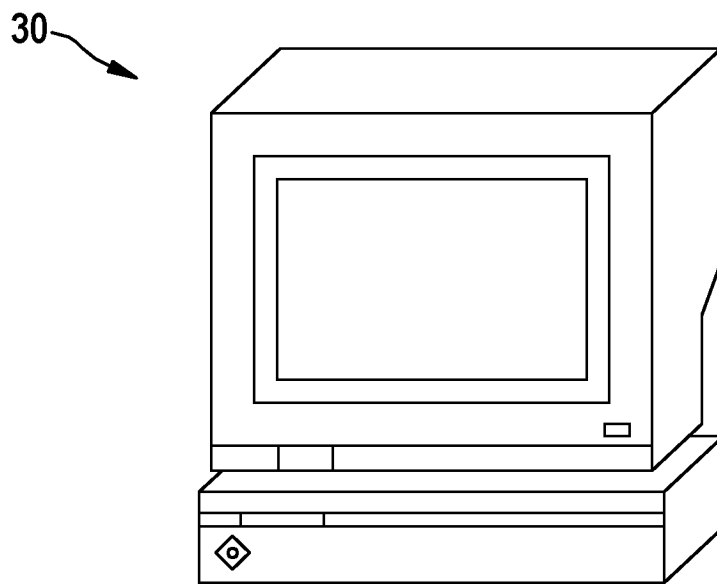


Fig. 1



**Fig. 2**