



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 086 352.4**  
(22) Anmeldetag: **15.11.2011**  
(43) Offenlegungstag: **06.12.2012**

(51) Int Cl.: **G05B 23/00 (2011.01)**  
**G05B 19/048 (2011.01)**  
**G01M 17/00 (2011.01)**  
**G06F 11/28 (2011.01)**

(66) Innere Priorität:  
**10 2011 076 766.5 31.05.2011**

(72) Erfinder:  
**Erath, Christian, 70597, Stuttgart, DE; Wagner, Mirko, 73033, Göppingen, DE; Buse, Andreas, 31139, Hildesheim, DE; Fritz, Martin, 77815, Bühl, DE**

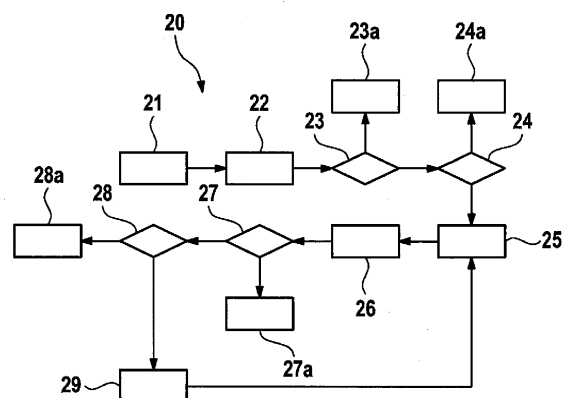
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Diagnosesystem zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in technischen Systemen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Verfahren zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System, mit den Schritten des Erfassens einer Menge von Beobachtungen an dem technischen System, des Ermitteln einer Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems und einer Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems auf der Basis der Menge von Beobachtungen, des Ermitteln einer Menge an möglichen Komponentenfehlern, welche mit der Menge von Beobachtungen konsistent ist, des Ermitteln einer absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems für jede mögliche Merkmalsausprägungskombination jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems auf der Basis der Menge an möglichen Komponentenfehlern, des Berechnens einer ersten Priorisierung der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems auf der Basis der ermittelten absoluten Reduktion jedes Tests, des Ermitteln einer absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler des technischen Systems für jede mögliche Merkmalsausprägungskombination jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems, des Berechnens einer zweiten Priorisierung der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler des technischen Systems auf der Basis der ermittelten absoluten Reduktion jedes Tests, und des Erstellens einer priorisierten Liste möglicher durchzuführender Tests auf der Basis der ersten und der zweiten Priorisierung.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Diagnosesystem zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in technischen Systemen, insbesondere bei Kraftfahrzeugen.

### Stand der Technik

**[0002]** In technischen Systemen mit einer Vielzahl von Komponenten ist es bei Störfällen oder mangelnder Funktionsfähigkeit des Systems häufig notwendig, eine schrittweise Abfolge von Tests, Prüfungen und/oder Messungen vorzunehmen, um anhand der ermittelten Symptome und/oder Reaktionen des technischen Systems fehlerhafte Komponenten bzw. kleinste tauschbare Einheiten zu identifizieren. Aufgrund der Komplexität solcher Systeme wird häufig auf eine geführte Fehlersuche zurückgegriffen, das heißt, eine problemspezifisch vorgegebene Reihenfolge von separaten Tests und Prüfungen, um mit geringem Testaufwand eine schnelle, sichere und eindeutige Identifikation von Fehlern zu ermöglichen.

**[0003]** Die Druckschrift DE 103 07 365 B4 offenbart beispielsweise eine Diagnosevorrichtung für ein Fahrzeug, bei der Zustandsdaten des Fahrzeugs in einer Recheneinrichtung mit einem Fehlerdiagnosemodell korreliert werden, so dass Vorschläge durchzuführender Messungen und/oder einzugebender Messdaten für die Fehlereingrenzung ermittelt werden können.

**[0004]** Eine mögliche Grundlage für die geführte Fehlersuche sind Fehlersuchbäume. Fehlersuchbäume stellen schrittweise Fehlersuchstrategien dar, mithilfe derer anhand einfacher Entscheidungen und Beobachtungen die Menge aller Fehlerursachen auf eine mit den Beobachtungen kongruente Teilmenge an möglichen Fehlerursachen eingegrenzt werden kann. Die Qualität der geführten Fehlersuche wird also maßgeblich durch die Qualität der Fehlersuchbäume bestimmt. Die Erstellung der Fehlersuchbäume erfolgt üblicherweise manuell auf der Basis des Fachwissens von Experten und erfordert einen hohen Zeitaufwand.

**[0005]** Eine Möglichkeit, eine geführte Fehlersuche durchzuführen, besteht in einer sogenannten dynamischen Fehlersuche, wobei die verfügbaren Tests und Prüfungen erst während der Fehlersuche an technischen System bewertet und priorisiert werden. Dabei erfolgt eine Bewertung bei der dynamischen Fehlersuche, ebenso wie die Ermittlung möglicher fehlerhafter Komponenten, nach jedem durchgeführten Test neu. Über eine Prüfdomäne, welche beispielsweise die Zuordnungen von verfügbaren Tests und zu überprüfenden möglichen fehlerhaften Komponenten abbildet, können relevante Tests automati-

siert ermittelt und mittels eines Programmmoduls einer Bewertung unterzogen werden.

**[0006]** Die Druckschrift DE 10 2005 027 378 B3 offenbart ein Diagnosesystem, welches durch Systemabfragen über Systemzustände mit einem Diagnoseprogramm eine Fehlerkandidatenmenge erzeugt, welche priorisierte Fehlerkandidaten aufweist. Es werden darauf folgende Prüfschritte vorgeschlagen, deren Prüfergebnisse für eine erneute Bewertung der Fehlerkandidatenmenge dienen können.

### Offenbarung der Erfindung

**[0007]** Die Erfindung beruht auf der Idee, ein Diagnosesystem und ein Diagnoseverfahren für ein technisches System zu schaffen, mit welchem auf der Basis des bereits für die manuelle Erstellung von Fehlersuchbäumen notwendigen Expertenwissens die Erstellung von Fehlersuchbäumen automatisiert und die Durchführung einer geführten Fehlersuche unterstützt werden kann. Hierzu sind ein Erfassungsmodul zur systematischen Erfassung aller relevanten Zustands-, Beobachtungs- und/oder Messdaten des technischen Systems und ein Priorisierungsmodul zur Priorisierung aller in Frage kommender Tests, Prüfungen oder Messungen vorgesehen, um gemäß den Gewichtungen der Tests, Prüfungen oder Messungen in Abhängigkeit von den Zustands-, Beobachtungs- und/oder Messdaten automatisch einen Fehlersuchbaum zu erstellen, welcher als Grundlage für eine geführte Fehlersuche dienen kann.

**[0008]** Die relevanten Zustands-, Beobachtungs- und/oder Messdaten können dabei in dem Erfassungsmodul in Form einer strukturierten Ontologie für das Priorisierungsmodul bereitgestellt werden, in dem die Ontologie dann entsprechend verarbeitet werden kann.

**[0009]** Im Unterschied zu bekannten Diagnosesystemen und -verfahren sind in dem Erfassungsmodul nur Informationen aus der Domäne des Expertenwissens notwendig, ohne dass physikalische Modelle, Bayes'sche Netze oder ähnliche Prüfdomänen eingesetzt werden müssen.

**[0010]** Mit dem Verfahren bzw. dem Diagnosesystem gemäß der Erfindung können außerdem vorteilhafterweise Wissenslücken sichtbar gemacht werden, wenn beispielsweise bei bestimmten Symptomen oder Merkmalsausprägungen eine eindeutige Zuordnung zu einer defekten Komponente mit den möglichen durchzuführenden Tests nicht in konsistenter Weise möglich ist. Dadurch kann die Vollständigkeit der geführten Fehlersuche automatisch und empirisch überprüft werden. Insbesondere können vorteilhafterweise fehlende Tests automatisch ermittelt werden. Ein Erlernen mathematischer oder physi-

kalischer Modellierungsmethoden ist hierzu nicht notwendig.

**[0011]** Die vorliegende Erfindung schafft daher gemäß einer Ausführungsform ein Verfahren zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System, mit den Schritten des Erfassens einer Menge von Beobachtungen an dem technischen System, des Ermitteln einer Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems und einer Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems auf der Basis der Menge von Beobachtungen, des Ermitteln einer Menge an möglichen Komponentenfehlern, welche mit der Menge von Beobachtungen konsistent ist, des Ermitteln jeweils einer ersten absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems, welche sich durch Berücksichtigung jeder der möglichen Merkmalsausprägungskombinationen jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems bei der Bestimmung der Menge an möglichen Komponentenfehlern ergibt, des Berechnens einer ersten Priorisierung der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems auf der Basis der ermittelten ersten absoluten Reduktionen jedes Tests, des Ermitteln jeweils einer zweiten absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler des technischen Systems, welche sich durch Berücksichtigung jeder der möglichen Merkmalsausprägungskombinationen jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems ergibt, des Berechnens einer zweiten Priorisierung der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler des technischen Systems auf der Basis der ermittelten zweiten absoluten Reduktionen jedes Tests, und des Erstellens einer priorisierten Liste möglicher durchzuführender Tests auf der Basis der ersten und der zweiten Priorisierung.

**[0012]** Die vorliegende Erfindung schafft gemäß einer weiteren Ausführungsform ein Diagnosesystem zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System, mit einer Erfassungseinrichtung, welche dazu ausgelegt ist, eine Menge von Beobachtungen an dem technischen System zu erfassen und eine Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems und eine Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems auf der Basis der Menge von Beobachtungen zu ermitteln, einer Ermittlungseinrichtung, welche dazu ausgelegt ist, eine Menge an möglichen Komponentenfehlern, welche mit der Menge von Beobachtungen konsistent ist, zu ermitteln, ei-

ner Berechnungseinrichtung, welche dazu ausgelegt ist, jeweils eine erste absolute Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems welche sich durch Berücksichtigung jeder der möglichen Merkmalsausprägungskombinationen jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems bei der Bestimmung der Menge an möglichen Komponentenfehlern ergibt, zu ermitteln, eine erste Priorisierung der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems auf der Basis der ermittelten ersten absoluten Reduktionen jedes Tests zu berechnen, jeweils eine zweite absolute Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler des technischen Systems, welche sich durch Berücksichtigung jeder der möglichen Merkmalsausprägungskombinationen jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems ergibt, zu ermitteln, und eine zweite Priorisierung der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler des technischen Systems auf der Basis der ermittelten zweiten absoluten Reduktionen jedes Tests zu berechnen, und einer Ausgabeeinrichtung, welche dazu ausgelegt ist, eine priorisierte Liste möglicher durchzuführender Tests auf der Basis der ersten und der zweiten Priorisierung zu erstellen und auszugeben.

**[0013]** In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin die Schritte des Ermitteln von für das technische System relevanten Komponenten, Komponentenfehlern und Tests, und des Zuordnens der ermittelten relevanten Komponentenfehler zu Symptomen und ermittelten relevanten Komponenten.

**[0014]** Damit kann ausschließlich auf der Basis von Expertenwissen, das heißt, ohne beispielsweise auf physikalische Modelle, Bayes'sche Netze oder sonstige Prüfdomänen zurückgreifen zu müssen, eine Datenbasis aller Komponentenfehler-Symptom- und Komponentenfehler-Merkmalsausprägungs-Abhängigkeiten geschaffen werden, die einer geführten Fehlersuche zugrunde gelegt wird.

**[0015]** In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst das Verfahren die Schritte des Auswählens einer zu testenden Komponente aus der Menge möglicher defekter Komponenten durch einen Nutzer, des Ermitteln jeweils einer dritten absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler der ausgewählten zu testenden Komponente des technischen Systems, welche sich durch Berücksichtigung jeder der möglichen Merkmalsausprägungskombinationen jedes der Menge möglicher

durchzuführender Tests des technischen Systems ergibt, des Berechnens einer dritten Priorisierung der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler der ausgewählten zu testenden Komponente des technischen Systems, und des Erstellens einer priorisierten Liste möglicher durchzuführender Tests für die ausgewählte zu testende Komponente auf der Basis der dritten Priorisierung. Dadurch kann statt einer allgemeinen Auswahl eines durchzuführenden Tests durch einen Nutzer alternativ bei einem Verdacht einer defekten Komponente die Priorisierung der vorgeschlagenen Tests hinsichtlich des Nutzens zum Ausschluss oder zur Bestätigung der verdächtigten Komponente erfolgen, so dass ein Nutzer gezielt Tests für eine bestimmte Komponente auswählen kann.

[0016] Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

[0017] Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, sofern sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Weitere mögliche Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale der Erfindung.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] Weitere Merkmale und Vorteile von Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen.

[0019] Es zeigen:

[0020] **Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Abhängigkeitsgraphen gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0021] **Fig. 2** eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

[0022] **Fig. 3** eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

[0023] **Fig. 4** eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung; und

[0024] **Fig. 5** eine schematische Darstellung eines Diagnosesystems zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

[0025] In den Figuren der Zeichnung sind gleiche und funktionsgleiche Elemente, Merkmale und Komponenten – sofern nichts Anderes ausgeführt ist – jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen. Es versteht sich, dass Komponenten und Elemente in den Zeichnungen aus Gründen der Übersichtlichkeit und Verständlichkeit nicht notwendigerweise maßstabsgetreu zueinander wiedergegeben sind.

#### Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0026] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Abhängigkeitsgraphen **10**. Der Abhängigkeitsgraph **10** zeigt in schematischer Darstellung die Relationen zwischen Tests, deren Merkmalen und Merkmalsausprägungen, Komponenten und deren Komponentenfehlern, und Symptomen. Die Anzahl der dargestellten Einheiten in **Fig. 1** ist jeweils nur beispielhaft und es ist für jede Einheit jede andere Anzahl an Relationen und Auftretenshäufigkeit ebenso möglich.

[0027] Dargestellt sind Tests **11a** und **11b**, welche über Merkmale **12a** und **12b** bzw. **12c** verfügen. Tests im Sinne der Anmeldung sind alle Prüfungen, Messungen oder sonstige beobachterische Eingriffe in ein technisches System, die als beobachtete, geprüfte und/oder gemessene Daten Informationen über Merkmale des technischen Systems liefern. Ein konkretes Beispiel für einen Test ist beispielsweise ein Abgastest an einem Fahrzeug. Merkmale im Sinne dieser Anmeldung sind alle Informationsentitäten, deren Beobachtung, Messung oder Prüfung verschiedene Merkmalsausprägung zur Folge haben, die für jeden Test als Merkmalsausprägungskombination auftreten können. Ein konkretes Merkmal ist im Zusammenhang mit dem beispielhaft erwähnten Abgastest an einem Fahrzeug beispielsweise die Menge eines im Abgas eines Fahrzeugs enthaltenen Gasbestandteils, wie etwa Kohlendioxid. Technische Systeme im Sinne der Anmeldung können beispielsweise Maschinen, Fertigungsanlagen, Roboter, Systemanlagen, Kraftfahrzeuge oder sonstige komplexe technische Zusammenstellungen funktionell voneinander abhängiger technischer Komponenten umfassen.

[0028] In **Fig. 1** haben die Merkmale **12a** und **12b** jeweils die Merkmalsausprägungen **13a** und **13b** sowie **13c** und **13d**, das Merkmal **12c** hingegen hat nur die Merkmalsausprägung **13e**. Die Anzahl der Merkmalsausprägungen pro Merkmal ist dabei aber prinzipiell unbegrenzt und durch die Art des Merkmals definiert. Der Abhängigkeitsgraph umfasst weiterhin Komponenten **15a**, **15b** und **15c** des technischen

Systems. Komponenten im Sinne der Anmeldung können kleinste tauschbare Einheiten eines technischen Systems sein, beispielsweise Maschinenteile, Fahrzeugteile oder dergleichen.

**[0029]** Jede der Komponenten **15a**, **15b** und **15c** kann Komponentenfehler **14a**, **14b**, **14c** und **14d** aufweisen. Im Beispiel der **Fig. 1** kann die Komponente **15a** zwei unterschiedliche Komponentenfehler **14a** und **14b** aufweisen, während die Komponenten **15b** und **15c** lediglich jeweils einen Komponentenfehler **14c** bzw. **14d** aufweisen können. Komponentenfehler im Sinne der Anmeldung können dabei alle Abweichungen vom Normzustand der Funktionalität von Komponenten darstellen, und insbesondere durch Beobachtungen des technischen Systems wahrnehmbar sein. Beispielsweise können Komponentenfehler Abweichungen in Ausgangs- oder Messgrößen von Komponenten sein.

**[0030]** Jedem der Komponentenfehler **14a**, **14b**, **14c** und **14d** sind dabei ein oder mehrere Merkmalsausprägungen **13a**, **13b**, **13c**, **13d** zugeordnet, das heißt, bei einem Vorliegen einer Menge von Merkmalsausprägungen **13a**, **13b**, **13c**, **13d** kann auf das Vorhandensein oder das Nichtvorhandensein eines Komponentenfehlers **14a**, **14b**, **14c** und **14d** geschlossen werden. Beispielsweise kann bei einem Auftreten von Merkmalsausprägungen **13a** und **13c** der beiden Merkmale **12a**, **12b** des Tests **11a** darauf geschlossen werden, dass der Komponentenfehler **14a** der Komponente **15a** vorliegt.

**[0031]** Weiterhin umfasst der Abhängigkeitsgraph **10** Symptome **16a** und **16b**, welche eine Menge an beobachtbaren Fehlfunktionen von Komponenten eines technischen Systems sind und insbesondere einem oder mehreren Komponentenfehlern zugeordnet werden können. Beispielsweise äußert sich das Symptom **16a** in Komponentenfehlern **14a** und **14b**, während sich Symptom **16b** in Komponentenfehlern **14c** und **14d** äußert. Dabei können die Symptome auch Kennziffern zur Identifikation von Fehlfunktionen umfassen, sogenannte "Displayed Trouble Codes" (DTC), welche beispielsweise durch Steuer- und Diagnosegeräte in Fahrzeugen erfasst, gespeichert und abgerufen werden können.

**[0032]** **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens **20** zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System. Das Verfahren **20** umfasst in einem ersten Schritt **21** ein Erfassen einer Menge von Beobachtungen an dem technischen System. Dabei kann die Menge von Beobachtungen eine Menge der zu Beginn des Verfahrens bekannten Merkmalsausprägungen und Symptome umfassen. Bekannte Merkmalsausprägungen und Symptome können dabei beispielsweise einen Ausgangszustand des technischen Systems charakterisieren. Beispielsweise können vor Beginn des

Verfahrens bereits Tests an dem technischen System durchgeführt worden sein, welche zu einer Menge an anfänglich bekannten Merkmalsausprägungen geführt haben. Weiterhin können beobachtete Fehlfunktionen oder Abweichungen von Normalzuständen an dem technischen System bekannt sein, deren Auftreten bekannten Symptomen zugeordnet werden können.

**[0033]** In einem zweiten Schritt **22** erfolgt ein Ermitteln einer Menge möglicher defekter Komponenten und möglicher ausführbarer bzw. durchzuführender Tests auf der Basis der Menge von Beobachtungen. Dabei kann auf Abhängigkeitsbeziehungen, wie beispielsweise in dem Abhängigkeitsgraphen in **Fig. 1**, zurückgegriffen werden, um die Menge möglicher defekter Komponenten und möglicher ausführbarer bzw. durchzuführender Tests zu ermitteln. Beispielsweise können die Abhängigkeitsbeziehungen durch systematische Analyse, experimentelle Bestimmung oder durch die Auswertung statistisch erhobener Daten erfolgen, die zum Beispiel durch Auswertung des Feedbacks von Reparaturdaten erhoben werden können. Im Folgenden können dann bekannte Merkmalsausprägungen und Symptome über die Abhängigkeitsbeziehungen denjenigen Komponentenfehlern zugeordnet werden, welche mit den bekannten Merkmalsausprägungen und Symptome konsistent sind. Über die konsistenten Komponentenfehler können dann diejenigen Komponenten als mögliche defekte Komponenten ermittelt werden, bei denen die konsistenten Komponentenfehler auftreten können.

**[0034]** Mögliche defekte Komponenten umfassen dabei alle Komponenten des technischen Systems, welche für eine mit der Menge von Beobachtungen konsistente Fehlfunktion des technischen Systems verantwortlich sein können. Ziel kann es dabei im Folgenden sein, durch Auswahl oder Vorschlagen geeigneter weiterer Tests weitere Beobachtungen bzw. Merkmalsausprägungen zu ermitteln, welche die Menge möglicher defekter Komponenten auf eine Teilmenge einschränken können, um letztlich eine defekte Komponente ausfindig zu machen.

**[0035]** Im zweiten Schritt **22** können dazu weiterhin Priorisierungsparameter  $\text{rank}(t_i)$  und  $\text{rank}_{\text{KKF}}(t_i)$  ermittelt werden, die eine Aussage darüber erlauben, wie hilfreich jeder Test der Menge möglicher durchzuführender Tests NT bei der Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten MDK sein kann. Dazu kann eine Priorisierung unter anderem auch auf der Basis des Aufwands für den jeweiligen Test und die Auftretenswahrscheinlichkeit für einen Komponentenfehler bezogen auf ein Symptom erfolgen.

**[0036]** Der Priorisierungsparameter  $\text{rank}(t_i)$  kann beispielsweise eine im Mittel zu erwartende Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher

defekter Komponenten MDK angeben. Im Folgenden wird ein beispielhaftes Verfahren angegeben, mit dem diese Reduktion unter Berücksichtigung der Auftretenswahrscheinlichkeit für einen Komponentenfehler bezogen auf ein Symptom berechnet werden kann.

**[0037]** Für jeden Test  $t_i$  der Menge möglicher durchzuführender Tests NT kann die Menge  $KMK_i$  aller konsistenten Merkmalsausprägungskombinationen berechnet werden. Die Elemente von  $KMK_i$  sind dabei Merkmalsausprägungskombinationen, das heißt Mengen von Merkmalsausprägungen des Tests  $t_i$ , welche als Folge jeweils aller Elemente einer Menge von möglichen Komponentenfehlern, die für die Menge von Beobachtungen verantwortlich sein können, auftreten können. Für jede konsistente Merkmalsausprägungskombination  $K_{(k,i)}$  der Menge  $KMK_i$  aller konsistenten Merkmalsausprägungen kann die Vereinigungsmenge  $BMA_{(k,i)}$  aller beobachteten Merkmalsausprägungen mit der konsistenten Merkmalsausprägungskombination  $K_{(k,i)}$  bestimmt werden. Auf der Basis der Vereinigungsmenge  $BMA_{(k,i)}$  kann dann die neue Menge  $KKF_{(k,i)}$  aller konsistenter Komponentenfehler sowie die neue Menge der möglichen defekten Komponenten  $MDK_{(k,i)}$  ermittelt werden. Mit anderen Worten, umfasst die Vereinigungsmenge  $BMA_{(k,i)}$  im Allgemeinen mehr Elemente als die Menge von Beobachtungen, die im Schritt 21 erfasst worden ist, und verringert somit die Anzahl der Elemente der Menge der möglichen defekten Komponenten  $MDK_{(k,i)}$ . Diese Verringerung oder erste Reduktion  $r_{(k,i)}$  kann als absolute Differenz der Anzahl der Elemente der bisherigen Menge der möglichen defekten Komponenten MDK sowie der neuen Menge der möglichen defekten Komponenten  $MDK_{(k,i)}$  angegeben werden.

**[0038]** Die ermittelte erste Reduktion  $r_{(k,i)}$  kann dann mit den Auftretenswahrscheinlichkeiten für jede konsistente Merkmalsausprägungskombination  $K_{(k,i)}$  gewichtet werden. Dazu kann die neue Menge der konsistenten Komponentenfehler  $KKF_{(k,i)}$  herangezogen werden und für jede Kombination konsistenter Komponentenfehler  $f_{(k,i)}$  eine Auftretenswahrscheinlichkeit  $p_{(k,i)}$  angegeben werden, die über die Menge aller Kombinationen konsistenter Komponentenfehler  $f_{(k,i)}$  zu einer Gesamtauftrittswahrscheinlichkeit  $p_i$  summiert werden können. Die erste absolute Reduktion  $r_{(k,i)}$  kann dann mit der Gesamtauftrittswahrscheinlichkeit  $p_i$  zur Angabe einer gewichteten absoluten Reduktion  $rg_{(k,i)}$  werden multipliziert werden.

**[0039]** Zur Ermittlung des Priorisierungsparameters  $rank(t_i)$  können alle gewichteten absoluten Reduktionen  $rg_{(k,i)}$  für jede der konsistente Merkmalsausprägungskombinationen  $K_{(k,i)}$  der Menge  $KMK_i$  aller konsistenten Merkmalsausprägungen summiert und auf die Anzahl der Elemente der Menge  $KMK_i$  aller kon-

sistenten Merkmalsausprägungen normiert werden. Weiterhin ist es optional möglich, den Priorisierungsparameter  $rank(t_i)$  mit einem Aufwandsparemeter zu gewichten, welcher einen zeitlichen und/oder kostenabhängigen Diagnoseaufwand abbilden kann. Dabei kann auf vorbestimmte Zeitwerte für spezielle Tests und Messgeräte sowie gegebenenfalls auf tatsächlich anfallende Kosten eines Tests zurückgegriffen werden.

**[0040]** Der Priorisierungsparameter  $rank(t_i)$  gibt damit für jeden Test ein Maß an, welcher den Nutzen des Tests im Hinblick auf eine Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten MDK darstellt.

**[0041]** Der Priorisierungsparameter  $rank_{KKF}(t_i)$  kann ebenfalls eine im Mittel zu erwartende Reduktion angeben. Im Unterschied zu dem Priorisierungsparameter  $rank(t_i)$  hängt der Priorisierungsparameter  $rank_{KKF}(t_i)$  von der absoluten zu erwartenden Reduktion  $r_{KKF(k,i)}$  der Anzahl der Elemente der Menge der konsistenten Komponentenfehler KKF ab. Diese Verringerung oder zweite Reduktion  $r_{KKF(k,i)}$  kann als absolute Differenz der Anzahl der Elemente der bisherigen Menge der konsistenten Komponentenfehler KKF sowie der neuen Menge der konsistenten Komponentenfehler  $KKF_{(k,i)}$  angegeben werden.

**[0042]** Die ermittelte zweite Reduktion  $r_{KKF(k,i)}$  kann dann mit den Auftretenswahrscheinlichkeiten für jede konsistente Merkmalsausprägungskombination  $K_{(k,i)}$  gewichtet werden. Dazu kann die neue Menge der konsistenten Komponentenfehler  $KKF_{(k,i)}$  herangezogen werden und für jede Kombination konsistenter Komponentenfehler  $f_{(k,i)}$  eine Auftretenswahrscheinlichkeit  $p_{KKF(k,i)}$  angegeben werden, die über die Menge aller Kombinationen konsistenter Komponentenfehler  $f_{KKF(k,i)}$  zu einer Gesamtauftrittswahrscheinlichkeit  $p_{KKFi}$  summiert werden können. Die absolute Reduktion  $r_{KKF(k,i)}$  kann dann mit der Gesamtauftrittswahrscheinlichkeit  $p_{KKFi}$  zur Angabe einer gewichteten absoluten Reduktion  $rg_{KKF(k,i)}$  multipliziert werden.

**[0043]** Zur Ermittlung des Priorisierungsparameters  $rank_{KKF}(t_i)$  können alle gewichteten absoluten Reduktionen  $rg_{KKF(k,i)}$  für jede der konsistente Merkmalsausprägungskombinationen  $K_{(k,i)}$  der Menge  $KMK_i$  aller konsistenten Merkmalsausprägungen summiert und auf die Anzahl der Elemente der Menge  $KMK_i$  aller konsistenten Merkmalsausprägungen normiert werden. Weiterhin ist es optional möglich, den Priorisierungsparameter  $rank_{KKF}(t_i)$  mit dem oben angegebenen Aufwandsparemeter zu gewichten.

**[0044]** In einem dritten Schritt 23 wird überprüft, ob die Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten größer als eins ist. Sollte lediglich eine mögliche defekte Komponente übrig bleiben,



kann in Schritt **23a** die verbliebene Komponente als die defekte Komponente ausgegeben werden. Sollte die Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten Null betragen, kann in Schritt **23a** alternativ ausgegeben werden, dass die Beobachtungen im Rahmen des Modells nicht plausibel sind.

**[0045]** Sollte die Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten größer als eins sein, wird in einem vierten Schritt **24** überprüft, ob die Anzahl der Elemente der Menge möglicher durchzuführender Tests größer als Null ist, das heißt, ob überhaupt noch Tests vorhanden sind, die durchgeführt werden können und noch nicht durchgeführt worden sind. Sollte kein weiterer Test mehr möglich sein, kann das in Schritt **24a** einem Nutzer angezeigt werden. Gleichzeitig kann in Schritt **24a** die bisherige Liste aller möglicher defekter Komponenten als Liste verdächtiger Komponenten ausgegeben werden.

**[0046]** Auf der Basis der Priorisierungsparameter  $\text{rank}(t_i)$  und  $\text{rank}_{\text{KKF}}(t_i)$  kann dann in Schritt **25** eine priorisierte Liste aller möglicher durchzuführender Tests NT ermittelt werden, die einem Nutzer angezeigt werden kann. Der Nutzer kann dann einen der vorgeschlagenen Tests auswählen, durchführen und die Menge von Beobachtungen mit den Ergebnissen des durchgeführten Tests ergänzen. Alternativ zur Auswahl durch den Nutzer kann auch der am höchsten priorisierte Test als durchzuführender Test dem Nutzer vorgegeben werden, der dann diesen Test durchführen muss.

**[0047]** In einem Schritt **26** kann dann die Menge von mit den Ergebnissen des gemäß Schritt **25** durchgeführten Tests erhaltenen Beobachtungen ergänzt werden. Weiterhin kann die Menge möglicher ausführbarer bzw. durchzuführender Tests aktualisiert werden. Zudem werden die Priorisierungsparameter  $\text{rank}(t_i)$  und  $\text{rank}_{\text{KKF}}(t_i)$  auf der Basis der neuen Menge von Beobachtungen neu berechnet, beispielsweise unter Zuhilfenahme der oben angegebenen Verfahren.

**[0048]** In den Schritten **27** und **28** erfolgt dann wieder ein Überprüfen ähnlich den Schritten **23** und **24**, wobei diesmal die Überprüfung auf der Basis der neuen Menge möglicher defekter Komponenten bzw. der neuen Menge möglicher durchzuführender Tests erfolgt. Die Schritte **27a** und **28a** entsprechen dabei den Schritten **23a** und **24a**.

**[0049]** In einem Schritt **29** kann dann die Anzeige bzw. Ausgabe der priorisierten Liste möglicher durchzuführender Tests aktualisiert werden, sofern die Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten größer als eins und die Anzahl der Elemente der Menge möglicher durchzuführender Tests größer als Null ist. Das Verfahren kann dann von Schritt **25** an so lange iteriert werden, bis eines der in

den Schritten **27** und **28** überprüften Abbruchkriterien erreicht ist, oder der Nutzer das Diagnoseverfahren selbstständig abbricht.

**[0050]** **Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens **30** zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System, beispielsweise in einem zu diagnostizierenden Fahrzeug. Das Verfahren **30** umfasst dabei die Schritte **31**, **32**, **33**, **33a**, **34** und **34a**, welche den Schritten **21**, **22**, **23**, **23a**, **24** und **24a** des Verfahrens **20** in **Fig. 2** entsprechen können. In einem Schritt **35** kann ein Nutzer dann eine Komponente K aus der Menge der möglichen defekten Komponenten MDK auswählen, von der er beispielsweise glaubt, dass sie möglicherweise defekt ist, oder an der er weitere Untersuchungen bzw. Tests vornehmen möchte. Dies kann beispielsweise vorteilhaft sein, wenn sich das zu diagnostizierende Fahrzeug bereits in einem Aufbau- oder Diagnosezustand befindet, welches ein Überprüfen bzw. Testen der Komponente K einfach oder naheliegend macht. Beispielsweise kann es vorteilhaft sein, eine Komponente der Auspuffanlage zu überprüfen, wenn sich das Fahrzeug derzeit schon auf einer Hebebühne befindet. Es kann auch vorteilhaft sein, wenn der Nutzer aufgrund ähnlicher Symptome bei bestimmten Fahrzeugtypen, bei bestimmten Witterungsbedingungen oder bestimmten Fahrsituationen Erfahrungen gesammelt hat, welche der Komponenten mit hoher Wahrscheinlichkeit betroffen sein könnten, diese Komponente K zur Überprüfung auszuwählen.

**[0051]** In diesem Fall kann in Schritt **36** die Menge aller konsistenten Komponentenfehler KKF\_K bezogen auf die in Schritt **35** ausgewählte Komponente K bestimmt werden. In Schritt **37** kann dann die Menge aller möglichen durchzuführender Tests NT\_K auf Basis der Menge aller konsistenten Komponentenfehler KKF\_K ermittelt werden. In Schritt **38** kann eine Ermittlung eines weiteren Priorisierungsparameters  $\text{rank}_K(t_i)$  ermittelt werden, welcher im Unterschied zu dem Priorisierungsparameter  $\text{rank}_{\text{KKF}}(t_i)$  von der absoluten zu erwartenden Reduktion  $r_{\text{KKF}(k,i)}$  der Anzahl der Elemente der Menge der konsistenten Komponentenfehler KKF\_K der ausgewählten Komponente K abhängt.

**[0052]** Das Verfahren zur Bestimmung des Priorisierungsparameters  $\text{rank}_K(t_i)$  kann dabei ähnlich dem oben erläuterten Verfahren zur Bestimmung des Priorisierungsparameters  $\text{rank}_{\text{KKF}}(t_i)$  durchgeführt werden, wobei jeweils nur diejenigen konsistenten Komponentenfehler KKF\_K berücksichtigt werden, welche sich auf die ausgewählte Komponente K beziehen. Ebenso werden die Auftretenswahrscheinlichkeiten  $p_{\text{KKF}(k,i)}$  und  $p_{\text{KKFi}}$  im Hinblick auf die ausgewählte Komponente K angepasst.

**[0053]** In Schritt **39** können die verbliebenen möglichen durchzuführender Tests auf der Basis der

Auswahl der Komponente K ermittelt werden. Anhand des Priorisierungsparameters  $\text{rank}_K(t_i)$  können die Tests speziell für die ausgewählte Komponente K bewertet werden. Dazu kann der Priorisierungsparameter  $\text{rank}_K(t_i)$  beispielsweise zur neuen Gewichtung der mithilfe der Priorisierungsparameter  $\text{rank}_{\text{KKF}}(t_i)$  und  $\text{rank}(t_i)$  erstellten priorisierten Liste in Schritt **40** herangezogen werden. Ein Nutzer kann dann anhand der neu gewichteten priorisierten Liste einen der vorgeschlagenen Tests auswählen. Alternativ kann dem Nutzer der höchstpriorisierte Test zur Durchführung vorgegeben werden.

**[0054]** Nach Durchführung eines weiteren Tests kann in Schritt **41**, ähnlich dem Schritt **26** in [Fig. 2](#), die Menge von mit den Ergebnissen des gemäß Schritt **40** durchgeführten Tests erhaltenen Beobachtungen ergänzt werden. Weiterhin kann die Menge möglicher ausführbarer bzw. durchzuführender Tests aktualisiert werden. Zudem werden die Priorisierungsparameter  $\text{rank}(t_i)$  und  $\text{rank}_{\text{KKF}}(t_i)$  auf der Basis der neuen Menge von Beobachtungen neu berechnet, beispielsweise unter Zuhilfenahme der oben angegebenen Verfahren. Die Schritte **42**, **42a**, **43** und **43a** entsprechen den Schritten **27**, **27a**, **28** und **28a** des Verfahrens **20** in [Fig. 2](#). In Schritt **44** kann weiterhin überprüft werden, ob durch den weiterhin vorgenommenen Test die ausgewählte Komponente K sich noch unter der neu ermittelten Menge möglicher defekter Komponenten befindet. Sollte dies nicht der Fall sein, kann in Schritt **44a** ausgegeben werden, dass die ausgewählte Komponente K nicht defekt ist. Der Nutzer kann dann zu Schritt **35** zur Auswahl einer anderen Komponente K' weitergeleitet werden. Sollte sich die ausgewählte Komponente weiterhin in der aktualisierten Menge möglicher defekter Komponenten befinden, kann in einem Schritt **45** überprüft werden, ob für die ausgewählte Komponente K weitere Tests möglich sind. Sollte dies nicht der Fall sein, kann der Nutzer zu Schritt **35** zur Auswahl einer anderen Komponente K' weitergeleitet werden.

**[0055]** Sollten weitere Tests für die ausgewählten Komponente K vorhanden sein, kann in Schritt **46** ein neuer Test aus der aktualisierten priorisierten Liste von möglichen durchzuführenden Tests für die ausgewählte Komponente K ausgewählt und durchgeführt werden. Das Verfahren kehrt nach Durchführung des Tests wieder zu Schritt **41** zurück und kann so lange iteriert werden, bis eines der in den Schritten **42**, **43**, **44** und **45** überprüften Abbruchkriterien erfüllt ist, oder der Nutzer das Verfahren von sich aus abbricht.

**[0056]** [Fig. 4](#) zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens **50** zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System. Das Verfahren **50** kann beispielsweise zur Unterstützung eines Autors bei der Erstellung oder Optimierung eines Fehlersuchbaums für die geführte Fehlersuche

in einem technischen System, beispielsweise einem Fahrzeug dienen. Im Gegensatz zu den Verfahren **20** und **30** in [Fig. 2](#) bzw. [Fig. 3](#) ist es beispielsweise mit dem Verfahren **50** möglich zu beschreiben, dass nach einem bestimmten Test A, bei dem die Merkmalsausprägung A1 ermittelt worden ist, stets der Test B durchzuführen ist, ohne dass ein Nutzer die Auswahl des Tests verändern kann. Eine derartige Vorgabe kann beispielsweise aufgrund des Expertenwissens des Autors vorgenommen werden.

**[0057]** In einem ersten Schritt **51** erfolgt ein Erfassen eines zu bearbeitenden Symptoms aus einem Startknoten in dem zu erstellenden oder zu optimierenden Fehlersuchbaum. In einem zweiten Schritt **52** erfolgt ähnlich den Schritten **22** und **32** in [Fig. 2](#) bzw. [Fig. 3](#) ein Ermitteln der Menge möglicher defekter Komponenten MDK und der Menge möglicher durchzuführender Tests NT auf der Basis der Menge möglicher defekter Komponenten MDK und der Menge möglicher durchzuführender Tests NT. Weiterhin können in Schritt **52** Priorisierungsparameter  $\text{rank}(t_i)$  und  $\text{rank}_{\text{KKF}}(t_i)$  in ähnlicher Weise wie oben erläutert berechnet werden.

**[0058]** In Schritt **53** kann der Autor aus der gemäß der Priorisierungsparameter  $\text{rank}(t_i)$  und  $\text{rank}_{\text{KKF}}(t_i)$  erstellten priorisierten Liste vorgeschlagener durchzuführender Tests einen der Tests auswählen, um ihn in den Fehlersuchbaum einzupflegen. In Schritt **54** kann der Autor für jede mögliche Kombination an Merkmalsausprägungen des ausgewählten Tests einen neuen Zweig anlegen bzw. einen vorhandenen Zweig bearbeiten. Nach einer Auswahl eines der Knoten in Schritt **55** kann in den Schritten **56**, **56a**, **57** und **57a** eine Überprüfung von Abbruchkriterien ähnlich der Schritte **23**, **23a**, **24** und **24a** in [Fig. 2](#) erfolgen. Solange die Anzahl der Elemente der Menge der möglichen defekten Komponenten größer als eins und die Anzahl der möglichen noch durchzuführenden Tests größer als Null ist, können in Schritt **58** alle Zweige vervollständigt werden, bis die Zweige durch Abbruchkriterien beendet werden können. Nach Vervollständigung des Fehlersuchbaums hinsichtlich des ausgewählten Tests kann das Verfahren ausgehend von Schritt **53** iteriert werden, bis der gesamte Fehlersuchbaum erstellt bzw. optimiert worden ist.

**[0059]** Der Autor kann mit dem Verfahren **50** Klarheit darüber gewinnen, welche Komponenten momentan noch als mögliche defekte Komponenten ermittelt werden und welche Tests er bei gegebener Symptomatik noch ausführen kann. Weiterhin erhält der Autor Informationen darüber, welche Tests im jeweiligen Knoten bzw. Zweig des Fehlersuchbaums am höchsten priorisiert werden, das heißt den größten Nutzen aufweisen. Das Verfahren **50** eignet sich daher vorteilhafterweise auch bei der Überprüfung be-



stehender Fehlersuchbäume auf Vollständigkeit und/oder Eindeutigkeit.

**[0060]** [Fig. 5](#) zeigt eine schematische Darstellung eines Diagnosesystems **60** zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System. Insbesondere kann das Diagnosesystem dazu ausgelegt sein, eines der Verfahren **20**, **30** oder **50** in den [Fig. 2](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) durchzuführen.

**[0061]** Das Diagnosesystem **60** umfasst eine Erfassungseinrichtung **61**, welche dazu ausgelegt ist, eine Menge von Beobachtungen an dem technischen System zu erfassen und eine Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems und eine Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems auf der Basis der Menge von Beobachtungen zu ermitteln. Das Diagnosesystem **60** umfasst weiterhin eine Ermittlungseinrichtung **62**, welche dazu ausgelegt ist, eine Menge an möglichen Komponentenfehlern, welche mit der Menge von Beobachtungen konsistent ist, zu ermitteln.

**[0062]** Eine Berechnungseinrichtung **63** ist dazu ausgelegt, eine absolute Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems für jede mögliche Merkmalsausprägungskombination jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems auf der Basis der Menge an möglichen Komponentenfehlern zu ermitteln, eine erste Priorisierung der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems auf der Basis der ermittelten absoluten Reduktion jedes Tests zu berechnen, eine absolute Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler des technischen Systems für jede mögliche Merkmalsausprägungskombination jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems zu ermitteln, und eine zweite Priorisierung der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler des technischen Systems zu berechnen.

**[0063]** Das Diagnosesystem **60** umfasst weiterhin eine Ausgabereinrichtung **64**, welche dazu ausgelegt ist, eine priorisierte Liste möglicher durchzuführender Tests auf der Basis der ersten und der zweiten Priorisierung zu erstellen und auszugeben. Zusätzlich kann das Diagnosesystem **60** ein optionales (nicht gezeigtes) Erfassungsmodul aufweisen, welches dazu ausgelegt ist, für das technische System relevante Komponenten, Komponentenfehler und Test zu erfassen, mögliche relevante Komponentenfehler zu Symptomen und relevanten Komponenten und mögliche Merkmalsausprägungen der relevanten Tests

zu möglichen Symptomen und relevanten Komponenten zuzuordnen, und welches weiterhin dazu ausgelegt ist, die relevanten Komponenten, Komponentenfehler, Tests und Zuordnungen für die Berechnungseinrichtung **63** bereitzustellen.

**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 10307365 B4 [[0003](#)]
- DE 102005027378 B3 [[0006](#)]

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System, mit den Schritten:

Erfassen einer Menge von Beobachtungen an dem technischen System;

Ermitteln einer Menge möglicher defekter Komponenten (MDK) des technischen Systems und einer Menge möglicher durchzuführender Tests (NT) des technischen Systems auf der Basis der Menge von Beobachtungen;

Ermitteln einer Menge an möglichen Komponentenfehlern (KKF), welche mit der Menge von Beobachtungen konsistent ist;

Ermitteln jeweils einer ersten absoluten Reduktion ( $r$ ) der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten (MDK) des technischen Systems, welche sich durch Berücksichtigung jeder der möglichen Merkmalsausprägungskombinationen (KMK) jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests (NT) des technischen Systems bei der Bestimmung der Menge an möglichen Komponentenfehlern (KKF) ergibt;

Berechnen einer ersten Priorisierung ( $\text{rank}$ ) der Menge möglicher durchzuführender Tests (NT) durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion ( $r_g$ ) der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten (MDK) des technischen Systems auf der Basis der ermittelten ersten absoluten Reduktionen ( $r$ ) jedes Tests;

Ermitteln jeweils einer zweiten absoluten Reduktion ( $r_{\text{KKF}}$ ) der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler (KKF) des technischen Systems, welche sich durch Berücksichtigung jeder der möglichen Merkmalsausprägungskombinationen (KMK) jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests (NT) des technischen Systems ergibt;

Berechnen einer zweiten Priorisierung ( $\text{rank}_{\text{KKF}}$ ) der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion ( $r_{g_{\text{KKF}}}$ ) der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler (KKF) des technischen Systems auf der Basis der ermittelten zweiten absoluten Reduktionen ( $r_{\text{KKF}}$ ) jedes Tests; und

Erstellen einer priorisierten Liste möglicher durchzuführender Tests auf der Basis der ersten und der zweiten Priorisierung ( $\text{rank}$ ,  $\text{rank}_{\text{KKF}}$ ).

2. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin mit den Schritten:

Ermitteln von für das technische System relevanten Komponenten, Komponentenfehlern und Tests; und Zuordnen der ermittelten relevanten Komponentenfehlern zu Symptomen und ermittelten relevanten Komponenten.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, wobei das Berechnen der ersten und/oder zweiten Priorisierung ( $\text{rank}$ ,  $\text{rank}_{\text{KKF}}$ ) weiterhin auf der Basis

des Aufwands zur Durchführung jedes der möglichen durchzuführenden Tests erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiterhin mit den Schritten:

Auswählen einer zu testenden Komponente (K) aus der Menge möglicher defekter Komponenten (MDK) durch einen Nutzer;

Ermitteln jeweils einer dritten absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler der ausgewählten zu testenden Komponente (K) des technischen Systems für jede mögliche Merkmalsausprägungskombination (KMK\_K) jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems;

Berechnen einer dritten Priorisierung ( $\text{rank}_K$ ) der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler (KKF\_K) der ausgewählten zu testenden Komponente (K) des technischen Systems; und Erstellen einer priorisierten Liste möglicher durchzuführender Tests für die ausgewählte zu testende Komponente (K) auf der Basis der dritten Priorisierung ( $\text{rank}_K$ ).

5. Diagnosesystem (60) zur Unterstützung der geführten Fehlersuche in einem technischen System, mit:

einer Erfassungseinrichtung (61), welche dazu ausgelegt ist, eine Menge von Beobachtungen an dem technischen System zu erfassen und eine Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems und eine Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems auf der Basis der Menge von Beobachtungen zu ermitteln;

einer Ermittlungseinrichtung (62), welche dazu ausgelegt ist, eine Menge an möglichen Komponentenfehlern, welche mit der Menge von Beobachtungen konsistent ist, zu ermitteln;

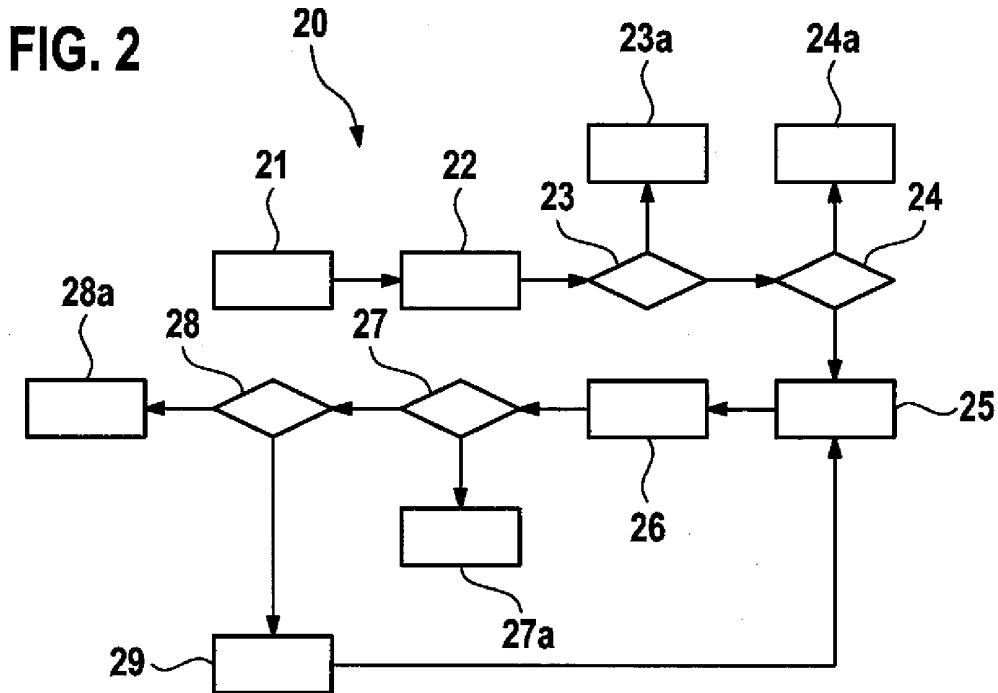
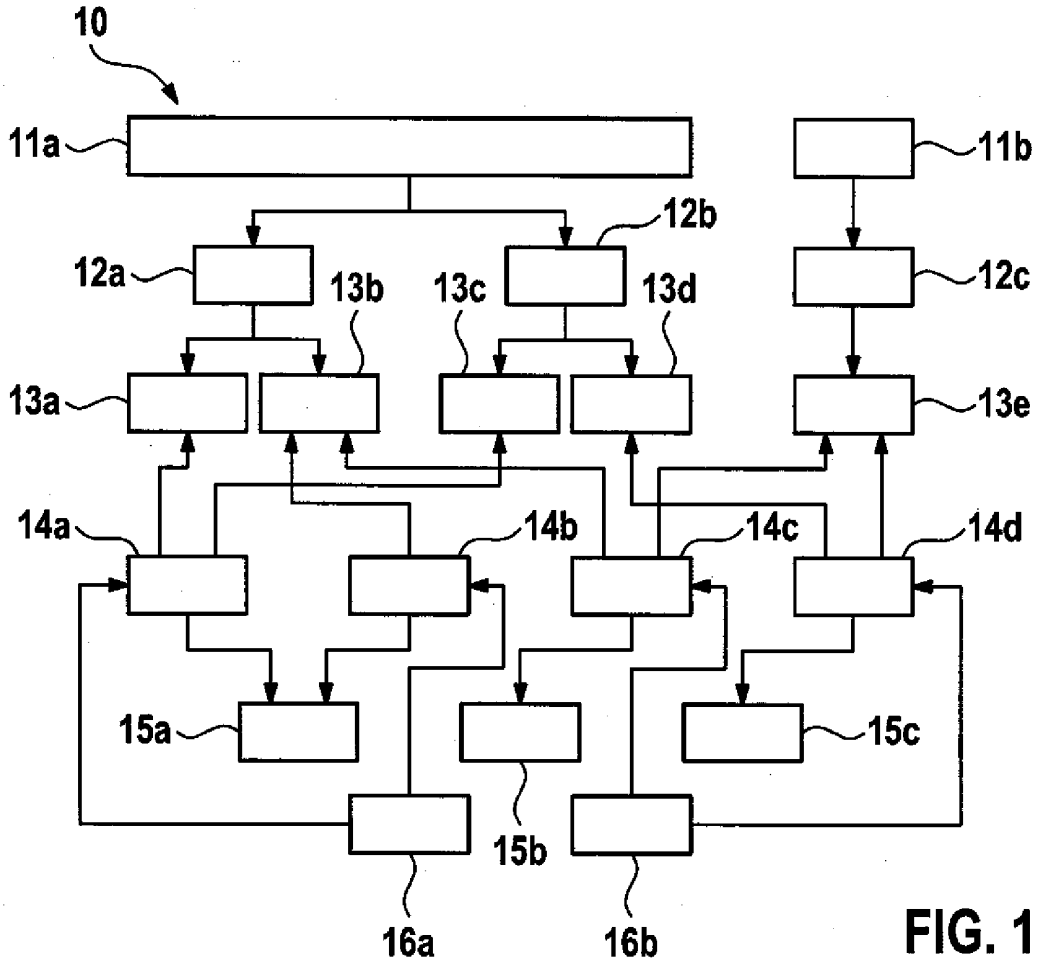
einer Berechnungseinrichtung (63), welche dazu ausgelegt ist, jeweils eine erste absolute Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems, welche sich durch Berücksichtigung jeder der möglichen Merkmalsausprägungskombinationen jedes der Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems bei der Bestimmung der Menge an möglichen Komponentenfehlern ergibt, zu ermitteln, eine erste Priorisierung der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher defekter Komponenten des technischen Systems auf der Basis der ermittelten ersten absoluten Reduktionen jedes Tests zu berechnen, jeweils eine zweite absolute Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler des technischen Systems, welche sich durch Berücksichtigung jeder der möglichen Merkmalsausprägungskombinationen jedes der

Menge möglicher durchzuführender Tests des technischen Systems ergibt, zu ermitteln, und eine zweite Priorisierung der Menge möglicher durchzuführender Tests durch Bestimmung einer im Mittel zu erwartenden absoluten Reduktion der Anzahl der Elemente der Menge möglicher Komponentenfehler des technischen Systems auf der Basis der ermittelten zweiten absoluten Reduktionen jedes Tests zu berechnen; und  
einer Ausgabereinrichtung (**64**), welche dazu ausgelegt ist, eine priorisierte Liste möglicher durchzuführender Tests auf der Basis der ersten und der zweiten Priorisierung zu erstellen und auszugeben.

6. Diagnosesystem (**60**) nach Anspruch 5, weiterhin mit:  
einem Erfassungsmodul, welches dazu ausgelegt ist, für das technische System relevante Komponenten, Komponentenfehler und Test zu erfassen, erfasste relevante Komponentenfehler zu Symptomen und erfassten relevanten Komponenten und mögliche Merkmalsausprägungen der relevanten Tests zu möglichen Symptomen und relevanten Komponenten zuzuordnen, und welches weiterhin dazu ausgelegt ist, die relevanten Komponenten, Komponentenfehler, Tests und Zuordnungen für die Berechnungseinrichtung (**63**) bereitzustellen.

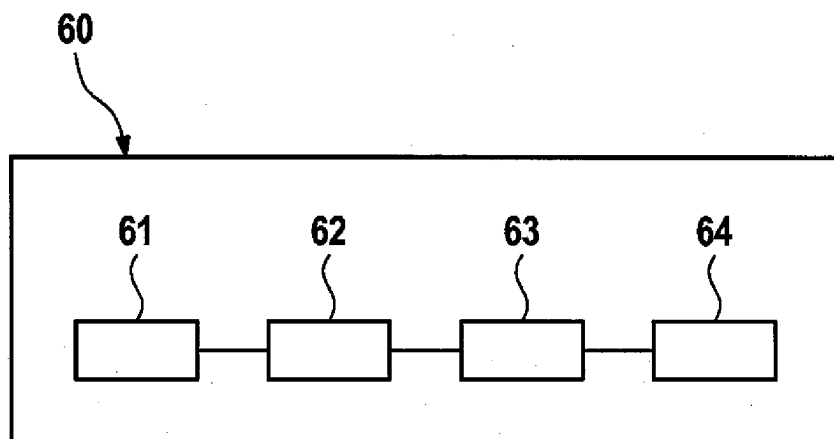
Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen









**FIG. 5**