

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
09. Januar 2025 (09.01.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/008098 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02M 25/08 (2006.01) F02D 41/22 (2006.01)
F02D 41/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/063112

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Mai 2024 (13.05.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 206 302.6
03. Juli 2023 (03.07.2023) DE

(71) Anmelder: **VITESCO TECHNOLOGIES GMBH**
[DE/DE]; Siemensstraße 12, 93055 Regensburg (DE).

(72) **Erfinder: PICHLER, Thomas**; c/o Vitesco Technologies GmbH, Landsberger Straße 187 - Haus D, 80687 München (DE). **KOENIG, Thomas**; c/o Vitesco Technologies GmbH, Landsberger Straße 187 - Haus D, 80687 München (DE).

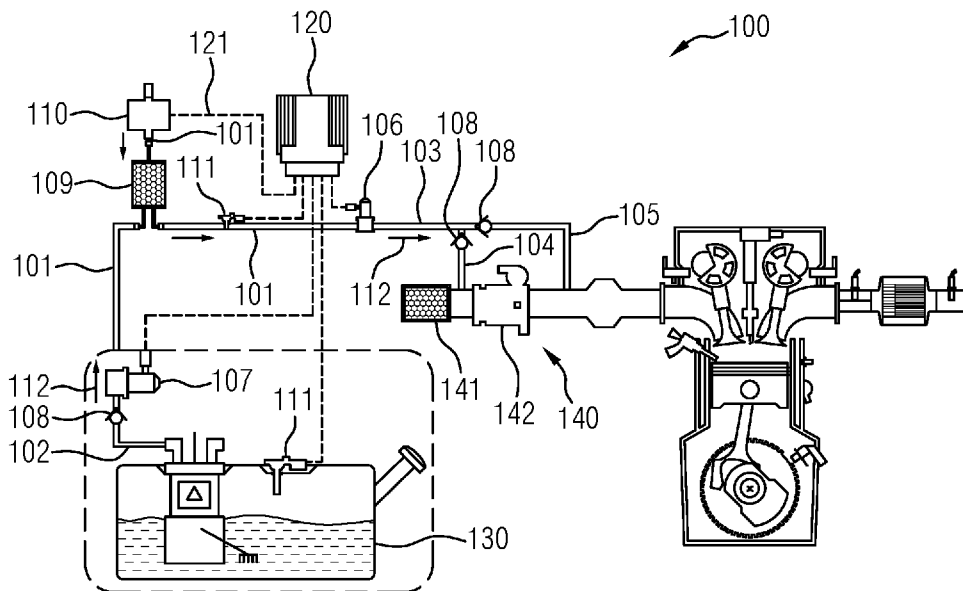
(74) **Anwalt: VITESCO TECHNOLOGIES**; Landsberger Straße 187 - Haus D, 80687 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) **Title:** METHOD FOR MODELLING AN INPUT FLOW OF A PUMP, AND CONTROLLER

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR MODELLIERUNG EINES EINGANGSSTROMS EINER PUMPE UND STEUERGERÄT

FIG 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for modelling an input flow of a pump (110). The method comprises the following steps: (i) actuating the pump (110) in order to apply a pressure to at least part of an evaporation system (100); (ii) determining a pressure curve in the evaporation system (100); and (iii) modelling a curve (350) of the input flow of the pump (110) on the basis of the pressure curve by means of a model. The invention also relates to a corresponding controller (120).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Modellierung eines Eingangsstroms einer Pumpe (110). Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf: (i) Ansteuern der Pumpe (110), um zumindest einen Teil eines Verdunstungssystems (100) mit einem Druck zu beaufschlagen; (ii) Bestimmen eines Druckverlaufs in dem Verdunstungssystem (100); und (iii) Modellieren eines Verlaufs (350) des Eingangsstroms der Pumpe (110) basierend auf dem Druckverlauf mittels eines Modells. Weiterhin betrifft die Erfindung ein entsprechendes Steuergerät (120).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2025/008098 A1

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

BESCHREIBUNG

BEZEICHNUNG

- 5 Verfahren zur Modellierung eines Eingangsstroms einer Pumpe und Steuergerät

TECHNISCHES GEBIET

- 10 Die vorliegende Offenbarung betrifft Tankentlüftungssysteme und Verfahren zu deren Betrieb. Konkret betrifft sie ein Verfahren zur Modellierung eines Eingangsstroms einer Pumpe sowie ein entsprechendes Steuergerät.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

- 15 Gemäß verschiedenen länderspezifischen Gesetzesvorschriften und aus Sicherheitsgründen ist es erforderlich, bei Kraftfahrzeugen die Funktionsfähigkeit des Kraftstofftankentlüftungssystems inklusive Kraftstofftank zu gewährleisten und zu diagnostizieren. Typischerweise muss das gesamte Verdunstungssystem inklusive Kraftstofftank bis zum Tankentlüftungsventil auf Dichtheit überprüft
- 20 werden. Weiterhin sind beispielsweise Verstopfungen einer Verdunstungsleitung zwischen Kraftstofftank und Aktivkohlefilter oder eine Betankung während Diagnosevorgängen zu erkennen. Hierbei gibt es je nach Land unterschiedliche gesetzliche Vorgaben, etwa zum kleinsten zu diagnostizierenden Leckagequerschnitt.

- 25 Die von verschiedenen Gesetzgebern geforderte Dichtheitsprüfung des Verdunstungssystems wird für Tanksysteme mit oder ohne Tankabsperrentil durch den Einsatz von Leckdiagnosepumpen ausgeführt. Diese Leckdiagnosepumpen setzen das Verdunstungssystem zu einem definierten
- 30 Zeitpunkt unter Druck. In der Folge wird dann die aufgenommene elektrische Leistung der Leckdiagnosepumpe, beispielsweise anhand der Stromaufnahme der Pumpe, als Auswertekriterium zur Bestimmung des Leckagedurchmessers herangezogen. Die aufgenommene Leistung einer solchen Leckdiagnosepumpe beziehungsweise ein entsprechender Pumpeneingangsstrom können auch für die

erwähnte Verstopfungsdiagnose und die Betankungserkennung verwendet werden.

KURZDARSTELLUNG UND AUSFÜHRUNGSFORMEN

5

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, eine besonders verlässliche und genaue Modellierung eines Eingangsstroms einer Pumpe zu ermöglichen.

10 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Modellierung eines Eingangsstroms einer Pumpe und ein Steuergerät gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den jeweils abhängigen Ansprüchen, der folgenden Beschreibung und den Zeichnungen.

15

So wird gemäß einem ersten Aspekt ein Verfahren zur Modellierung eines Eingangsstroms einer Pumpe bereitgestellt. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf: (i) Ansteuern der Pumpe, um zumindest einen Teil eines Verdunstungssystems mit einem Druck zu beaufschlagen, (ii) Bestimmen eines Druckverlaufs in dem Verdunstungssystem, und (iii) Modellieren eines Verlaufs eines Eingangsstroms der Pumpe basierend auf dem Druckverlauf mittels eines Modells.

20

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Steuergerät für ein Kraftfahrzeug bereitgestellt, wobei das Steuergerät eingerichtet ist, das zuvor beschriebene Verfahren durchzuführen.

25

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Computerprogrammprodukt bereitgestellt, das Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das zuvor beschriebene Verfahren durchzuführen.

30

Im Kontext der vorliegenden Offenbarung kann ein Verdunstungssystem als ein System definiert sein, das dazu eingerichtet ist, Entlüftungsgase aus einem Tank, insbesondere einem Kraftstofftank, abzuleiten. Es kann eingerichtet sein, die

Entlüftungsgase einem Rückhaltefilter, insbesondere einem Kraftstoffdampf-Rückhaltefilter, zuzuführen und/oder über mindestens einen Spülpfad einem Luftpfad eines Verbrennungsmotors zuzuführen. Das Verdunstungssystem kann ein Entlüftungssystem, insbesondere ein Tankentlüftungssystem, sein.

5

Das Verdunstungssystem kann eine Tankentlüftungsleitung aufweisen. Die Tankentlüftungsleitung kann mehrere Bereiche aufweisen, beispielsweise einen Tankbereich, einen Filterbereich und/oder einen Motorbereich. Der Tankbereich kann sich zwischen dem Tank und einem Tankabsperrrventil erstrecken oder, falls
10 kein Tankabsperrrventil vorhanden ist, zwischen dem Tank und einem Filterbereich der Tankentlüftungsleitung erstrecken. Der Filterbereich kann eine Zuleitung vom Tank kommend zu dem Rückhaltefilter, insbesondere eine Zuleitung zwischen Tankabsperrrventil und Rückhaltefilter, eine Ableitung zwischen Rückhaltefilter und Tankentlüftungsventil und/oder einen Frischluftanschluss des Rückhaltefilters
15 umfassen. Der Motorbereich kann eine oder mehrere Spülpfade zwischen Tankentlüftungsventil und einem Luftpfad des Verbrennungsmotors umfassen. Die Spülpfade können stromab oder stromauf einer Drosselklappe in den Luftpfad einmünden.

20 Das Verdunstungssystem kann ein Tankentlüftungsventil aufweisen. Das Tankentlüftungsventil kann eingerichtet sein, den Gasfluss von dem Rückhaltefilter zu dem Luftpfad des Verbrennungsmotors einzustellen. Zu diesem Zweck kann das Tankentlüftungsventil mittels des Steuergeräts steuerbar sein. Das Tankentlüftungsventil kann zwischen einem Filterbereich und einem Motorbereich
25 der Tankentlüftungsleitung angeordnet sein.

Das Verdunstungssystem kann ein Tankabsperrrventil aufweisen. Das Tankabsperrrventil kann eingerichtet sein, im Kraftstofftank entstehende Entlüftungsgase, beispielsweise Kohlenwasserstoffdämpfe, im Tank
30 zurückzuhalten, insbesondere um diese kontrolliert dem Rückhaltefilter zuzuführen.

Das Verdunstungssystem kann den Tank oder zumindest einen Teilbereich des Tanks umfassen, insbesondere einen Teilbereich, in dem Entlüftungsgase aus einem Tankinhalt ausdünsten.

- 5 Das Beaufschlagen mit Druck des zumindest einen Teils des Verdunstungssystems kann ein Beaufschlagen des gesamten Verdunstungssystems umfassen, insbesondere mit Ausnahme des Motorbereichs der Tankentlüftungsleitung. Es kann ein Beaufschlagen mit Druck zumindest eines Teils des Tanks, insbesondere des ganzen Tanks, umfassen. Ob der Tankbereich
10 der Tankentlüftungsleitung und/oder der Tank mit Druck beaufschlagt wird, kann davon abhängen, ob das Tankabsperrentil geschlossen ist.

- Eine Pumpe kann dazu eingerichtet sein, den zumindest einen Teil des Verdunstungssystem mit dem Druck zu beaufschlagen, insbesondere um eine
15 Dichtheitsprüfung und/oder Leckagediagnose des Verdunstungssystems zu ermöglichen. Die Pumpe kann eine Leckdiagnosepumpe sein. In einer Ausgestaltung ist die Pumpe zwischen dem Rückhaltefilter und einem Frischluftanschluss angeordnet.

- 20 Das Bestimmen des Druckverlaufs kann ein Auswerten eines Signals eines Drucksensors umfassen. Der Drucksensor kann in dem zumindest einen Teil des Verdunstungssystems angeordnet sein, der mittels der Pumpe mit Druck beaufschlagt wird. Der Drucksensor kann beispielsweise in einem Filterbereich der Tankentlüftungsleitung angeordnet sein. Der Drucksensor kann in einer
25 Tankentlüftungsleitung zwischen dem Rückhaltefilter und dem Tankentlüftungsventil angeordnet sein. Der Drucksensor kann zwischen dem Tankentlüftungsventil und dem Tank und/oder zwischen dem Tankentlüftungsventil und dem Tankabsperrentil in der Tankentlüftungsleitung angeordnet sein. Der Drucksensor kann in dem Tank angeordnet sein,
30 beispielsweise an einer Oberseite des Tanks, die mit den Entlüftungsgasen in Kontakt steht. Das Bestimmen des Druckverlaufs kann das Bestimmen eines Verlaufs einer für den Druck repräsentativen Größe umfassen.

Das Modellieren eines Verlaufs eines Eingangsstroms der Pumpe kann das Modellieren eines Verlaufs einer für den Eingangsstrom repräsentativen Größe umfassen, beispielsweise einer elektrischen Leistung.

- 5 Das zuvor beschriebene Verfahren kann vorteilhaft sein, um eine genaue und verlässliche Modellierung des Eingangsstroms der Pumpe zu ermöglichen. Dies kann beispielsweise für eine Dichtheitsprüfung des Verdunstungssystems, für eine Verstopfungsdiagnose oder eine Betankungserkennung nützlich sein. Insbesondere können Diskontinuitäten in der Korrelation zwischen Druckverlauf
- 10 und dem gemessenen Verlauf des Eingangsstroms der Pumpe unschädlich bleiben. Solche Diskontinuitäten können etwa aus Stromschwankungen resultieren, die nicht durch Druckänderungen im zu diagnostizierenden Volumen hervorgerufen werden. Beispielsweise können sie durch Bauteiltoleranzen wie variierende Lagerreibungen, durch sich verändernde Temperaturverhältnisse oder
- 15 durch Schwankungen der Versorgungsspannung der Pumpe verursacht sein. Der Einfluss solcher Diskontinuitäten auf das Analyse-Ergebnis kann insbesondere dadurch reduziert werden, dass der Verlauf des Eingangsstroms nicht gemessen, sondern basierend auf dem Druckverlauf modelliert wird.
- 20 Das beschriebene Verfahren kann damit vorteilhaft sein, um Wiederholprüfungen bei Schlechtkomponenten zu vermeiden, beispielsweise mehrere Leckageprüfungen während eines Abschaltvorgangs des ausführenden Steuergerätes zu vermeiden. Dadurch kann ein Energieverbrauch und/oder eine Geräuschemission verringert werden. Weiterhin kann es möglich sein,
- 25 Diagnoseabbrüche zu vermeiden und somit die Ausführungshäufigkeit von erfolgreichen Leckagediagnosen zu steigern. Insgesamt kann sich also eine Robustheitssteigerung der Diagnoseergebnisse zum Monitoring von Leckagen im Verdunstungssystem erzielen lassen, etwa durch Vermeidung von falschen Gut- und/oder Schlechtprüfungen. Dazu kann das Ausblenden von
- 30 Stromaufnahmeschwankungen beitragen, hervorgerufen beispielsweise durch Unzulänglichkeiten in der Leckagediagnosehardware. In einer Ausgestaltung lassen sich auch Schwankungen in der Versorgungsspannung der Pumpe ausgleichen und/oder ausblenden.

Gemäß einer Ausführungsform weist das Verfahren ferner auf: Bestimmen, ob ein Leck in dem Verdunstungssystem vorliegt basierend auf einem Vergleich des modellierten Verlaufs des Eingangstroms mit zumindest einem Referenzwert.

- 5 Im Kontext der vorliegenden Offenbarung kann ein Leck als eine undichte Stelle des Verdunstungssystems definiert sein, über die Entlüftungsgase in eine Umgebung entweichen können. Ein Leck kann über einen kleinsten zu diagnostizierenden Querschnitt und/oder über einen kleinsten zu diagnostizierenden Durchmesser definiert sein. Der kleinste zu diagnostizierende Querschnitt und/oder der kleinste zu diagnostizierende Durchmesser können
- 10 aufgrund von gesetzlichen und/oder technischen Vorgaben festgelegt sein. Das Bestimmen, ob ein Leck im Verdunstungssystem vorliegt kann ein Bestimmen des Leckdurchmessers und/oder des Leckquerschnitts und/oder des Gesamtquerschnitts aller vorhandenen Lecks im untersuchten Bereich umfassen.

- 15 Im Kontext der vorliegenden Offenbarung kann ein Referenzwert ein Vergleichswert sein, beispielsweise ein Wert eines Eingangstroms der Pumpe, der für ein Leck im Verdunstungssystem charakteristisch ist, insbesondere für ein Leck mit einem vorgegebenen Querschnitt oder Durchmesser, beispielsweise 0,5
- 20 mm Durchmesser.

- In einer Ausgestaltung wird der zumindest eine Referenzwert durch Pumpen in eine Referenzleckage ermittelt, insbesondere während eines Referenzbetriebs. Dabei können der eine oder die mehreren Referenzwerte aus der
- 25 aufgenommenen elektrischen Leistung der Pumpe und/oder dem aufgenommenen elektrischen Strom der Pumpe abgeleitet sein. Die mehreren Referenzwerte können über ein zeitliches Intervall verteilt sein, in welchem die Referenzleckage mit Druck beaufschlagt wird, insbesondere kontinuierlich verteilt. Die Referenzleckage kann Teil des Tanksystems, insbesondere der Pumpe, sein.

- 30 In einer Ausgestaltung wird der zumindest eine Referenzwert für jede Dichtheitsprüfung neu bestimmt. Auf diese Weise können beispielsweise Temperaturschwankungen, etwa der Umgebungstemperatur, und/oder Hardwareveränderungen ausgeglichen werden.

Gemäß einer Ausführungsform weist das Modellieren des Verlaufs des Eingangsstroms basierend auf dem Druckverlauf ein Multiplizieren mit einem Proportionalitätsfaktor auf. Beispielsweise kann der Druckverlauf und/oder der Gradient des Druckverlaufs mit dem Proportionalitätsfaktor multipliziert werden. Der Proportionalitätsfaktor kann einen linearen oder zumindest näherungsweise linearen Zusammenhang zwischen Druck und Eingangsstrom wiedergeben. Der Proportionalitätsfaktor kann die Pumpe zumindest teilweise charakterisieren, beispielsweise in Bezug auf Produktionsabweichungen oder besondere Betriebsbedingungen individueller Pumpen.

Eine solche Ausführungsform kann vorteilhaft sein, weil der für die Leckage-Analyse relevante Eingangsstrom in einem einfachen Zusammenhang mit dem gemessenen Druck steht. Damit erweist sich der Druck als besonders geeignete Messgröße für die Dichtheitsprüfung.

Gemäß einer Ausführungsform weist das Verfahren ferner auf ein Festlegen des Proportionalitätsfaktors mittels eines Referenzbetriebs der Pumpe, wobei bei dem Referenzbetrieb eine Referenzleckage von der Pumpe mit Druck beaufschlagt wird. Beispielsweise kann der Proportionalitätsfaktor basierend auf einer Referenzstromaufnahme festgelegt werden. Der Proportionalitätsfaktor kann durch eine Vermessung von Grenzmuster- und/oder Nominalmuster-Hardware ermittelt werden. Er kann zwischen dem gemessenen Aufnahmestromverlauf der Pumpe und dem Druckverlauf im Verdunstungsraum bestimmt werden. Der Zusammenhang zwischen Referenzstromaufnahme und Proportionalitätsfaktor kann in einem Kennfeld hinterlegt sein.

Unter einem Referenzbetrieb wird im Zusammenhang mit der vorliegenden Offenbarung insbesondere ein Betriebsmodus der Pumpe verstanden, bei dem eine Referenzleckage von der Pumpe mit Druck beaufschlagt wird. Der Referenzbetrieb kann einem Prüfbetrieb zur Dichtheitsprüfung des Verdunstungssystems vorgeschaltet sein. Der Referenzbetrieb kann vor jedem Prüfbetrieb durchgeführt werden oder nur unter bestimmten Bedingungen vor dem Prüfbetrieb durchgeführt werden.

Das Kennfeld kann anhand von Grenzmuster- und/oder Nominalmuster-Hardware ermittelt werden. In dem Kennfeld kann der Proportionalitätsfaktor abhängig von einer oder mehreren Betriebsbedingungen hinterlegt sein, beispielsweise abhängig von einer Umgebungstemperatur.

Eine solche Ausführungsform kann vorteilhaft sein, um den Zusammenhang zwischen Druckverlauf und Stromverlauf besonders genau festzulegen, insbesondere in Abhängigkeit von den jeweiligen Betriebsbedingungen.

Gemäß einer Ausführungsform wird der Proportionalitätsfaktor basierend auf zumindest einem der folgenden Parameter festgelegt: einer Stromstärke eines gemessenen Eingangsstroms der Pumpe vor dem Schalten eines Ventils der Pumpe, insbesondere unmittelbar vor dem Schalten des Ventils, und einer Änderung des gemessenen Eingangsstroms der Pumpe während und/oder nach dem Schalten des Ventils der Pumpe, insbesondere einer durch das Schalten des Ventils verursachten Änderung des gemessenen Eingangsstroms. Das Schalten des Ventils kann das Ende des Referenzbetriebs kennzeichnen. Der Proportionalitätsfaktor kann in dem Kennfeld abhängig von zumindest einem der erwähnten Parameter hinterlegt sein.

Gemäß einer Ausführungsform weist das Verfahren ferner auf ein Adaptieren des Modells, insbesondere des Proportionalitätsfaktors, während eines Prüfbetriebs der Pumpe, wobei bei dem Prüfbetrieb der zumindest eine Teil des Verdunstungssystems von der Pumpe mit Druck beaufschlagt wird. Das Adaptieren des Modells während des Prüfbetriebs kann vorteilhaft sein, um eine noch genauere und verlässlichere Dichtheitsprüfung des Verdunstungssystems zu ermöglichen.

Unter einem Prüfbetrieb wird im Zusammenhang mit der vorliegenden Offenbarung insbesondere ein Betriebsmodus der Pumpe verstanden, bei dem der zumindest eine Teil des Verdunstungssystems mit Druck beaufschlagt wird. Dabei kann zweckmäßig die Referenzleckage nicht oder nur gering mit Druck beaufschlagt sein, insbesondere mit einem geringeren Druck als im

Referenzbetrieb. Der Prüfbetrieb kann zum Ermitteln eines oder mehrerer Lecks in dem Verdunstungssystem eingerichtet sein. Der Prüfbetrieb kann einem Referenzbetrieb nachgeschaltet sein. Der Übergang von Referenzbetrieb kann durch Schalten eines entsprechenden Ventils erfolgen.

5

Gemäß einer Ausführungsform wird das Kennfeld, mit welchem der Proportionalitätsfaktor im Referenzbetrieb festgelegt wird, nach dem Adaptieren des Proportionalitätsfaktors aktualisiert.

- 10 Gemäß einer Ausführungsform weist das Adaptieren des Modells, insbesondere des Proportionalitätsfaktors, die folgenden Schritte auf: (i) Prüfen, ob zwischen zwei vorgegebenen Zeitpunkten eine Betriebsbedingung der Pumpe einem vorgegebenen Stabilitätskriterium genügt, (ii) Bestimmen jeweils einer Differenz zwischen dem modellierten Eingangsstrom und dem gemessenen Eingangsstrom
15 der Pumpe zu den zwei vorgegebenen Zeitpunkten und (iii) Korrigieren des Modells, insbesondere des Proportionalitätsfaktors, basierend auf den Differenzen zu den zwei vorgegebenen Zeitpunkten, falls zwischen den zwei vorgegebenen Zeitpunkten das Stabilitätskriterium erfüllt ist.

- 20 Die Betriebsbedingung kann beispielsweise eine Versorgungsspannung der Pumpe, eine Batteriespannung, ein Gradient des gemessenen Verlaufs des Eingangsstroms der Pumpe oder ein Gradient des Druckverlaufs in dem von der Pumpe mit Druck beaufschlagten zumindest einen Teil des Verdunstungssystems sein. Gemäß einer Weiterbildung sind jeweilige Stabilitätskriterien für mehrere,
25 insbesondere alle, dieser Betriebsbedingungen vorgegeben. Dadurch können die zuvor bereits erwähnten Diskontinuitäten besonders verlässlich bestimmbar sein.

- Eine derartige Ausführungsform kann vorteilhaft sein, um die Güte des modellierten Stromverlaufes dauerhaft gewährleisten zu können, beispielsweise
30 um etwaige Änderungen in der Hardwarecharakteristik auszugleichen. Die Differenz eines Stromhubs des modellierten Eingangsstroms zwischen den beiden Zeitpunkten und eines Stromhubs des gemessenen Eingangsstroms zwischen den beiden Zeitpunkten und/oder die Differenz zwischen modelliertem und

gemessenem Eingangsstrom zu den beiden Zeitpunkten kann charakteristisch für Abweichungen des Modells, insbesondere des Proportionalitätsfaktors, sein.

5 Gemäß einer Ausgestaltung umfasst das Korrigieren des Proportionalitätsfaktors ein Bestimmen der Differenz der beiden Differenzen zwischen modelliertem und gemessenem Eingangsstrom zu den zwei Zeitpunkten und ein in Bezug Setzen dieser Differenz zu einer Differenz des gemessenen Eingangsstroms zu den zwei Zeitpunkten. Das Ergebnis kann eine anteilige Abweichung des Proportionalitätsfaktors sein, welche bei weiteren Dichtheitsprüfungen zumindest
10 teilweise, insbesondere vollständig berücksichtigt werden kann.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst die Betriebsbedingung zumindest einen der folgenden Parameter: eine Versorgungsspannung der Pumpe, einen Gradienten eines gemessenen Verlaufs des Eingangsstroms der Pumpe und
15 einen Gradienten des Druckverlaufs. Gemäß einer Ausgestaltung müssen alle diese Parameter ein jeweiliges Stabilitätskriterium erfüllen. Eine derartige Ausführungsform kann vorteilhaft sein, weil die Stabilität zumindest eines, insbesondere aller genannten Parameter, ein Indiz dafür sein kann, dass das Modell geeignet adaptiert wird.

20 Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das Verfahren ferner auf: ein Messen eines Verlaufs des Eingangsstroms der Pumpe.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das Verfahren ferner auf:
25 Empfangen, insbesondere durch das Steuergerät, eines gemessenen Verlaufs des Eingangsstroms der Pumpe.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das Verfahren ferner auf: ein Bestimmen eines Initialwerts des modellierten Verlaufs des Eingangsstroms, wobei der Initialwert auf einem Stromwert des gemessenen Verlaufs des
30 Eingangsstroms basiert, bei welchem ein Gradient des gemessenen Verlaufs des Eingangsstroms einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt. Der Initialwert kann beispielsweise gleich dem Stromwert gesetzt werden. Der Initialwert kann den zeitlichen Beginn des modellierten Verlaufs kennzeichnen. Der weitere Verlauf

kann durch den Proportionalitätsfaktor bestimmt sein. Eine derartige Ausführungsform kann vorteilhaft sein, weil das Überschreiten des Schwellwerts den Beginn der Druck-Beaufschlagung des Verdunstungssystems durch die Pumpe signalisieren kann.

5

Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind Modelleigenschaften des Modells, insbesondere eine funktionale Abhängigkeit zwischen Druckverlauf und modelliertem Stromverlauf und/oder der Initialwert, derart gewählt, dass eine Schwankung im gemessenen Verlauf des Eingangsstroms stärker ausgeprägt ist als eine entsprechende Schwankung im modellierten Verlauf des Eingangsstroms, wenn die Schwankung im gemessenen Verlauf nicht durch eine Änderung des Drucks in dem Verdunstungssystem verursacht ist. Der modellierte Strom kann keine entsprechende Schwankung aufweisen. Eine solche Ausführungsform kann vorteilhaft sein, weil Diskontinuitäten zwischen gemessenem Stromverlauf und Druckverlauf zumindest teilweise erkannt und bei der Dichtheitsprüfung berücksichtigt werden.

10

15

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das Verfahren ferner auf: Durchführen einer Fehlerdiagnose des Verdunstungssystems, wobei die Fehlerdiagnose den modellierten Verlauf des Eingangsstroms der Pumpe berücksichtigt. Beispielsweise kann eine Dichtheitsprüfung, eine Verstopfungsprüfung und/oder eine Betankungserkennung durchgeführt werden.

20

Gemäß einer weiteren Ausführungsform berücksichtigt die Fehlerdiagnose den modellierten Verlauf des Eingangsstroms, wenn zumindest eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist: (i) eine Gradientenänderung des gemessenen Verlaufs des Eingangsstroms übersteigt einen vorgegebenen Diskontinuitäts-Schwellwert; (ii) ein Betrag eines Gradienten des gemessenen Verlaufs des Eingangsstroms übersteigt einen vorgegebenen weiteren Diskontinuitäts-Schwellwert; (iii) eine Schwankung einer Versorgungsspannung der Pumpe übersteigt einen vorgegebenen Spannungs-Schwellwert..

25

30

Gemäß einer Ausgestaltung berücksichtigt die Fehlerdiagnose den modellierten Verlauf des Eingangsstroms nur, wenn zumindest eine der genannten

Bedingungen erfüllt ist. Andernfalls, d.h. wenn keine der genannten Bedingungen erfüllt ist, kann die Fehlerdiagnose basierend auf einem Vergleich des gemessenen Verlaufs des Eingangsstroms mit dem zumindest einen Referenzwert erfolgen.

5

Eine derartige Ausführungsform kann vorteilhaft sein, um Speicher- und Rechenkapazitäten beim Modellieren des Stromverlaufs zu sparen, indem der gemessene Strom zur Dichtheitsprüfung herangezogen wird, wenn keine Diskontinuität im Verhältnis von Stromverlauf und Druckverlauf vorliegt.

10

Gemäß einer Ausführungsform sind der Diskontinuitäts-Schwellwert und/oder der weitere Diskontinuitäts-Schwellwert abhängig von einem Volumen, das mit dem Druck beaufschlagt wird. Eine derartige Ausführungsform kann für die Dichtheitsprüfung relevante Diskontinuitäten im Verhältnis von gemessenem Stromverlauf und Druckverlauf besonders verlässlich erkennen und einordnen.

15

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung sind der Diskontinuitäts-Schwellwert und/oder der weitere Diskontinuitäts-Schwellwert in einem Kennfeld hinterlegt, beispielsweise in Abhängigkeit von einem aktuellen Tankfüllstand und einem zu diagnostizierenden Volumen.

20

Gemäß einer Ausführungsform erfolgt bei jeder Dichtheitsprüfung das Bestimmen, ob ein Leck in dem Verdunstungssystem vorliegt, basierend auf dem Vergleich des modellierten Verlaufs des Eingangsstroms mit dem zumindest einen Referenzwert. Ein solches Verfahren kann vorteilhaft sein, weil die möglicherweise aufwändige Abfrage von Bedingungen, wie zuvor beschrieben, entfällt.

25

Gemäß einer Ausführungsform wird, wenn ein Leck vorliegt, eine Leckgröße des Lecks bestimmt. Die Leckgröße kann sich aus einem Vergleich des modellierten Stromverlaufs mit dem zumindest einen Referenzwert ergeben. Die Leckgröße kann durch eine Querschnittsfläche des Lecks und/oder durch einen Durchmesser, beispielsweise einen durchschnittlichen Durchmesser bestimmt sein. Gemäß einer Ausgestaltung werden lediglich Bereiche bestimmt, beispielsweise ob ein Leck einen Durchmesser zwischen 0,5 mm und 1,0 mm hat,

30

wobei die Grenzen eingeschlossen sind, oder ob ein Leck einen Durchmesser von größer oder gleich 1,0 mm hat.

5 Gemäß einer Ausführungsform wird ein Verfahren zur Verstopfungserkennung eines Verdunstungssystems basierend auf dem Druckverlauf und/oder dem modellierten Verlauf des Eingangsstroms bereitgestellt, welches zusätzlich zu den Schritten der zuvor beschriebenen Verfahren die folgenden Schritte aufweist: (i) Bestimmen des gemessenen Stromgradienten, des gemessenen Druckgradienten im Tank sowie des gemessenen Druckgradienten in der Spülleitung während des 10 Prüfbetriebs; (ii) Feststellen einer blockierten Leitung, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind: (a) der gemessene Stromgradient ist größer als eine einstellbare Schwelle; (b) der gemessene Druckgradient im Tank und/oder der Gradient des modellierten Stromverlaufes ist kleiner als eine jeweilige einstellbare Schwelle; (c) der gemessene Druckgradient in der Spülleitung ist größer als eine 15 einstellbare Schwelle. Insbesondere kann mit dem beschriebenen Verfahren eine Verstopfung zwischen Kraftstofftank und Rückhaltefilter erkannt werden.

Alternativ können unter (i) und (ii) Absolutwerte nach einem vorgegebenen, insbesondere einstellbar vorgegebenen, Zeitintervall evaluiert werden anstatt der 20 jeweiligen Gradienten. Die Verwendung des gemessenen Druckgradienten in der Spülleitung oder des gemessenen Druckgradienten im Tank kann in einer weiteren Ausführungsform jeweils auch als optional angesehen werden.

25 Gemäß einer Ausführungsform wird ein Verfahren zur Betankungserkennung basierend auf dem Druckverlauf und/oder auf dem modellierten Verlauf des Eingangsstroms bereitgestellt, welches zusätzlich zu den Schritten der zuvor beschriebenen Verfahren die folgenden Schritte aufweist: (i) Bestimmen der gemessenen Stromgradientenänderung, der gemessenen Druckgradientenänderung im Tank sowie der gemessenen 30 Druckgradientenänderung in der Spülleitung während des Prüfbetriebs; (ii) Feststellen eines Betankungsvorgangs, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind: (a) die gemessene Stromgradientenänderung ist größer als eine einstellbare Schwelle; (b) die gemessene Druckgradientenänderung im Tank und/oder die Gradientenänderung des modellierten Stromverlaufes sind größer als eine

jeweilige einstellbare Schwelle; (c) die gemessene Druckgradientenänderung in der Spülleitung ist größer als eine einstellbare Schwelle. Die Betankungserkennung kann insbesondere während der Dichtheitsprüfung erfolgen.

5

Alternativ können unter (i) und (ii) Absolutwerte der Gradienten zu einem Zeitpunkt während des Prüfbetriebs evaluiert werden. Haben die gemessenen Stromgradienten sowie die gemessenen Druckgradienten innerhalb des Prüfbetriebs jeweils eine einstellbare Schwelle erreicht, kann auf eine Betankung geschlossen werden. Die Verwendung der gemessenen Druckgradientenänderung in der Spülleitung kann in einer weiteren Ausführungsform auch als optional angesehen werden.

10

15 KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Verfahrens sowie des Steuergeräts ergeben sich aus den folgenden, in Zusammenhang mit den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen.

20

Es zeigen:

Figur 1 ein Verdunstungssystem mit einer Steuereinrichtung zum Durchführen eines Verfahrens zur Dichtheitsprüfung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung;

25

Figur 2 ein Flussdiagramm zur Auswahl verschiedener Varianten des Verfahrens zum Einbezug der modellierten Stromaufnahme in eine Fehlerdiagnose des Verdunstungssystems gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung;

30

Figur 3 den modellierten Verlauf des Eingangsstroms einer Pumpe während eines Referenzbetriebs und eines Prüfbetriebs bei dem Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung;

Figuren 4 und 5 jeweils einen Vergleich zwischen modelliertem Verlauf des Eingangstroms und gemessenem Verlauf des Eingangstroms bei dem Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung;

5

Figuren 6 und 7 zeigen Kenngrößen der Stromaufnahme der Leckdiagnosepumpe beim Adaptieren eines Proportionalitätsfaktors zwischen Druckverlauf und modelliertem Verlauf des Eingangstroms bei dem Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung.

10

Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. In manchen Figuren sind einzelne Bezugszeichen zur Verbesserung der Übersichtlichkeit weggelassen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente zur besseren Darstellbarkeit und/oder für eine bessere Verständlichkeit übertrieben groß dargestellt sein.

15

20 DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

Figur 1 zeigt ein Verdunstungssystem 100 mit einem Steuergerät 120, das eingerichtet ist, ein Verfahren zur Dichtheitsprüfung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel durchzuführen. Das in Figur 1 dargestellte

25

Verdunstungssystem 100 ist mit einer Leckdiagnosepumpe 110 am Frischlufteingang des Kraftstoffdampf-Rückhaltefilters 109, hier ein Aktivkohlefilter, ausgestattet. In dem Aktivkohlefilter 109 sind aus dem Tank 130 ausgegaste Kohlenwasserstoffe gebunden.

30

Das Verdunstungssystem weist ein Tankentlüftungsventil 106 auf, welches als Schalt- oder Linearventil ausgebildet sein kann. Das Tankentlüftungsventil 106 wird von dem Steuergerät 120, hier ein Motorsteuergerät, angesteuert, um den Gasfluss von dem Aktivkohlefilter 109 zum Luftpfad 140 des Verbrennungsmotors zu regeln. Typischerweise bei Drucktankvarianten, nicht jedoch bei

konventionellen Tankvarianten, weist das Tanksystem zudem ein Tankabsperrventil 107 auf. Über das Tankabsperrventil 107 können die im Kraftstofftank entstehenden Kohlenwasserstoffdämpfe im Tank 130 zurückgehalten werden, um diese in der Folge kontrolliert unter geeigneten Betriebszuständen dem Aktivkohlefilter 109 zuzuführen.

Weiterhin umfasst das Tanksystem (i) eine Entlüftungsleitung (Tankbereich) 102 zwischen Kraftstofftank 130 und Tankabsperrventil 112, (ii) eine Tankentlüftungsleitung (Filterbereich) 101, über welche die

Kohlenwasserstoffgase vom Kraftstofftank 130 in den Aktivkohlefilter 109 und weiter zum Tankentlüftungsventil 106 geleitet werden, und (iii) eine

Tankentlüftungsleitung (Motorbereich) 103, über welche die

Kohlenwasserstoffgase stromab des Tankentlüftungsventils 106 vom

Aktivkohlefilter 109 in den Luftpfad 140 eines Verbrennungsmotors eingeleitet

werden. Ein Drucksensor 111 ist in der Tankentlüftungsleitung (Filterbereich) 101

zwischen Aktivkohlefilter 109 und Tankentlüftungsventil 106 angeordnet. Ein

weiterer Drucksensor 111 sowie optional ein Temperatursensor oder ein

kombinierter Druck-/Temperatursensor sind im Kraftstofftank 130 angeordnet.

Das elektronische Steuergerät 120 ist eingerichtet, ein Verfahren zur Modellierung eines Eingangsstroms einer Pumpe 110 durchzuführen. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf: Beaufschlagen zumindest eines Teils eines

Verdunstungssystems 100 mit einem Druck mittels der Pumpe 110; Bestimmen eines Druckverlaufs in dem Verdunstungssystem 100; und Modellieren eines

Verlaufs des Eingangsstroms der Pumpe 110 basierend auf dem Druckverlauf mittels eines Modells.

Das Steuergerät 120 kann zudem eingerichtet sein, zumindest eines,

insbesondere alle, der folgenden Schritte bzw. Verfahren durchzuführen: (a) für

den aktuellen Betriebszustand einen Sollwert für den Spülfluss vom Aktivkohlefilter 109 zum Verbrennungsmotor zu ermitteln; (b) mithilfe eines Drucksensors im

Ansaugtrakt einen Saugrohrdruck zu ermitteln; (c) die Werte der Drucksensoren einzulesen; (d) aus einem Druckgefälle zwischen dem Frischluftanschluss des

Aktivkohlefilters 109 und dem Druck an der Einleitstelle im Luftpfad 140 des

Verbrennungsmotors aus dem vorgegebenen Spülfluss einen PWM (Pulsweitenmodulation)-Wert zur Ansteuerung des Tankentlüftungsventils 106 zu ermitteln; (e) für den aktuellen Betriebszustand des Motors die einzuspritzende Kraftstoffmenge zu berechnen; (f) die Leckdiagnosepumpe 110 anzusteuern und
5 die Stromaufnahme zu messen; (g) das Tankabsperrventil 107 anzusteuern, falls vorhanden.

Figur 2 zeigt ein Flussdiagramm zum Einbezug der modellierten Stromaufnahme der Leckdiagnosepumpe in ein Diagnoseverfahren des Verdunstungssystems, beispielsweise ein Tankdichtheitsprüfverfahren, eine Verstopfungsprüfung und/oder eine Betankungserkennung. Um im Hinblick auf die Güte des Diagnoseergebnisses problematische Diskontinuitäten in der Korrelation zwischen Druckverlauf und elektrischer Stromaufnahme der Pumpe 110 aufzulösen, wird basierend auf dem gemessenen Gasdruckverlauf ein korrelierender Stromverlauf
10 berechnet. Der Druckverlauf wird im Tank- oder Filterbereich gemessen und ausgewertet, je nachdem, ob der Tankbereich inklusive Filterbereich unter Verwendung des Tankdrucksensors 111 oder ausschließlich der Filterbereich unter Verwendung des Drucksensors 111 im Filterbereich diagnostiziert werden soll. Der Einbezug des über den gemessenen Gasdruckverlauf korrigierten
15 Stromverlaufes zur Bildung des Diagnoseergebnisses kann dabei gemäß einer ersten Variante des Verfahrens fortwährend erfolgen (Schritt S1).

In einer weiteren Variante des Verfahrens, die in Schritt S2 abgefragt wird, erfolgt der Einbezug des über den gemessenen Gasdruckverlauf korrigierten
25 Stromverlaufes nur dann, wenn Stromschwankungen (oder kontinuierliche Stromgradienten) detektiert werden, welche nicht durch den Gasdruckverlauf im zu diagnostizierenden Volumen zustande kommen können. Zur Erkennung von Stromschwankungen wird der Stromverlauf gemessen und die Gradientenänderung des gemessenen Stromverlaufes mit einer einstellbaren
30 Schwelle verglichen. Die Schwelle wird in Form eines Kennfeldwertes abhängig vom aktuellen Tankfüllstand und des zu diagnostizierenden Volumens (Tank- und Filterbereich oder ausschließlich Filterbereich) im Steuergerät abgelegt. Zum Erkennen von hohen Beträgen des Stromgradienten wird der Betrag des Gradienten des gemessenen Stromverlaufes mit einer einstellbaren Schwelle

verglichen. Die Schwelle wird in Form eines Kennfeldwertes abhängig vom aktuellen Tankfüllstand und des zu diagnostizierenden Volumens (Tank- und Filterbereich oder ausschließlich Filterbereich) im Steuergerät abgelegt.

- 5 Das Verfahren, mit welchem bestimmt wird, ob die Dichtheitsprüfung anhand des modellierten oder des gemessenen Verlaufs des Eingangsstrom der Pumpe vorgenommen wird, weist die folgenden Schritte auf: In einem ersten Schritt S1 wird abgefragt, ob die Dichtheitsprüfung immer auf Basis des modellierten Stromverlaufs und nicht des gemessenen Stromverlaufs erfolgt. Falls nicht (n),
10 wird in einem zweiten Schritt S2 abgefragt, ob eine Stromschwankung oder ein hoher Betrag des gemessenen Stromgradienten erkannt wurde. Falls nicht (n), wird in einem dritten Schritt S3 abgefragt, ob eine Batterieschwankung erkannt wurde. Falls auch diese Frage mit nein (n) beantwortet wurde, dann erfolgt in einem weiteren Schritt S4 die Dichtheitsprüfung auf Grundlage des gemessenen
15 Stromverlaufs. Falls jedoch nur eine der genannten Fragen S1, S2, S3 mit ja (y) beantwortet wurde, erfolgt die Dichtheitsprüfung in Schritt S5 auf Grundlage des modellierten Stromverlaufs.

- In **Figur 3** ist der Verlauf des Eingangsstroms 350 über die Zeit 352 während
20 unterschiedlicher Diagnosephasen 353, 354 des Verfahrens gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel dargestellt. Konkret ist der Verlauf des Eingangsstroms einer Pumpe während eines Referenzbetriebs 353 und eines Prüfbetriebs 354 dargestellt. Um einen über den Druckverlauf korrigierten bzw. modellierten Stromverlauf berechnen zu können, ist es zunächst erforderlich den
25 Proportionalitätsfaktor zwischen Druck und Strom zu ermitteln, wobei der Proportionalitätsfaktor die zugrunde liegende Pumpenhardware charakterisiert. Diese Charakterisierung soll innerhalb der ersten Diagnosephase, einem Referenzbetrieb 353, erfolgen. Bei dem Referenzbetrieb 353 wird eine Referenzstromaufnahme des gemessenen Eingangsstroms der Pumpe ermittelt,
30 wobei die Höhe der sich einstellenden Referenzstromaufnahme und/oder die Änderung der gemessenen Pumpenstromaufnahme während des Umschaltens eines Ventils der Leckdiagnosepumpe den Proportionalitätsfaktor festlegt. Der quantitative Zusammenhang hierbei wird innerhalb eines Kennfeldes abgelegt und

wurde zuvor durch Vermessung von Grenzmuster- und/oder Nominalmusterhardware bestimmt.

Der in Figur 3 ersichtliche Abfall in der Stromaufnahme resultiert aus der Aktivierung eines Umschaltventils und markiert den Übergang zwischen Referenzbetrieb 353 und Prüfbetrieb 354. Das Umschaltventil schaltet von einem Referenzbetrieb 353 in dem ein Referenzleck mit Druck beaufschlagt wird zu dem Prüfbetrieb 354, bei dem zumindest ein Teil des Verdunstungssystems mit Druck beaufschlagt wird.

Nach der Ermittlung des Proportionalitätsfaktors werden weitere Schritte durchgeführt, die anhand der nachfolgenden Figuren erläutert werden sollen.

Figur 4 illustriert die Ermittlung eines Initialwerts 456 für den modellierten Verlauf 350 des Eingangsstroms der Pumpe bei dem Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel. Nach Umschalten des Umschaltventils von Referenzbetrieb 353 auf Prüfbetrieb 354 wird der Stromverlauf 455 des Eingangsstroms der Pumpe gemessen, gefiltert und nachfolgend der Gradient bestimmt. Ist der Gradient des ermitteltem gefilterten gemessenen Stromverlaufs 455 größer als ein einstellbarer Schwellwert, wird der Initialwert 456 für die nachfolgende Berechnung des modellierten Stromverlaufes 350 gebildet. Der Initialwert 456 wird am beschriebenen Zeitpunkt dem gefilterten gemessenen Stromwert gleichgesetzt.

Zur Bildung des modellierten Stromverlaufes 350 wird zunächst eine Filterung, beispielsweise ein Tiefpassfilter, des gemessenen Drucks im Verdunstungsraum vollzogen. In der Folge wird in äquidistanten Zeitabständen (z.B. 1s) der Gradient des gefilterten gemessenen Drucks im Verdunstungsraum berechnet. Dieser Gradient des gefilterten gemessenen Drucks im Verdunstungsraum wird abschließend im selben äquidistanten zeitlichen Abstand mit dem zuvor festgelegten Proportionalitätsfaktor multipliziert. Eine abschließende Filterung dieses Produkts definiert den modellierten Stromverlauf 350.

Figur 5 zeigt den gemessenen Stromverlauf 455 und den dazugehörigen modellierten Stromverlauf 350 bei dem Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel, wobei an der Diskontinuität 557 im gemessenen Stromverlauf 455 eine Stromschwankung zu sehen ist, die durch

- 5 Unzulänglichkeiten in der Pumpenhardware verursacht wird. Hingegen blendet der modellierte Stromverlauf 350 diese für den Auswertealgorithmus der Leckagediagnose schädliche Stromschwankung aus.

- 10 In den **Figuren 6 und 7** sind Kenngrößen des gemessenen und modellierten Verlaufs 455, 350 des Eingangsstroms beim Adaptieren eines Proportionalitätsfaktors zwischen gemessenem Verlauf 455 des Eingangsstroms und Druckverlauf bei dem Verfahren gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel dargestellt. Um die Güte des modellierten Stromverlaufes 350 dauerhaft gewährleisten zu können, ist eine Adaption des Proportionalitätsfaktors
- 15 erforderlich, damit etwaige Änderungen in der Hardwarecharakteristik ausgeglichen werden können. Die Adaption erfolgt unter Zuhilfenahme von vier während des Diagnosedurchlaufes im Prüfbetrieb kontinuierlich ermittelter physikalischer Größen: 1) Integral 661 des gemessenen Stromgradienten; 2) Integral 662 des modellierten Stromgradienten; 3) Differenz 663 aus dem Integral
- 20 des gemessenen und dem Integral des modellierten Stromgradienten an einem ersten Zeitpunkt 664 und einem zweiten Zeitpunkt 665; und 4) Gefilterter gemessener Pumpenaufnahmestrom 455.

- Zur Ermittlung des Fehlers im aktuellen Modellierungsvorgang des Stromverlaufes
- 25 können beispielsweise folgende Schritte vollzogen werden: (i) Feststellen der Stabilität der Batteriespannung, insbesondere der Versorgungsspannung der Pumpe; (ii) Feststellen der Stabilität des gemessenen Stromgradienten sowie des gemessenen Gasdruckgradienten, beispielsweise durch kontinuierlichen Vergleich von einem schwach und einem stark gedämpften bzw. gefilterten gemessenen
- 30 Strom- bzw. Druckgradienten; (iii) Ermitteln, ob die Bedingungen (i) und (ii) mindestens für eine einstellbare Zeit vorliegen; (iv) nachdem die Bedingungen (i) und (ii) für mindestens die einstellbare Zeit vorgelegen haben, Gleichsetzen bei diesem ersten Zeitpunkt 664 des Initialwerts der Differenz der Integrale des gemessenen und des modellierten Stromgradienten mit der aktuell herrschenden

Differenz der Integrale von gemessenem und modelliertem Stromgradienten sowie Gleichsetzen des Initialwerts des gemessenen Pumpenaufnahmestroms zu demselben Zeitpunkt 664 mit dem aktuell herrschenden Wert; (v) solange die Stabilitätskriterien (i) und (ii) erfüllt sind, Beibehalten der abgespeicherten

- 5 Initialwerte; (vi) wenn die Stabilitätskriterien (i) und (ii) nicht länger erfüllt sind, Bilden zu diesem Zeitpunkt 665 eines Endwerts der unter (iv) genannten physikalischen Größen durch Gleichsetzen mit dem aktuell herrschenden Wert, während die Initialwerte aus Schritt (iv) beibehalten werden; (vii) Ermitteln des Fehlers in Prozent des angewandten Proportionalitätsfaktors, falls die
- 10 Stabilitätskriterien unter Punkt (i) und (ii) für eine einstellbare Mindestzeit gegeben waren, beispielsweise nach der Formel: $100\% * [(Differenz\ 663\ aus\ dem\ Integral\ des\ gemessenen\ Stromgradienten\ und\ dem\ Integral\ des\ modellierten\ Stromgradienten\ an\ dem\ zweiten\ Zeitpunkt\ 665) - (Differenz\ 663\ aus\ dem\ Integral\ des\ gemessenen\ Stromgradienten\ und\ dem\ Integral\ des\ modellierten\ Stromgradienten\ an\ dem\ ersten\ Zeitpunkt\ 664)] / [(Gefilterter\ gemessener\ Pumpenaufnahmestrom\ an\ dem\ zweiten\ Zeitpunkt\ 665) - (Gefilterter\ gemessener\ Pumpenaufnahmestrom\ an\ dem\ ersten\ Zeitpunkt\ 664)]$.
- 15

- Der ermittelte Fehler kann dann für den nächsten Modellierungszyklus anteilig
- 20 oder zu 100% zur Adaption des Proportionalitätsfaktors herangezogen werden.

- Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von
- 25 Merkmalen in den Ausführungsbeispielen und Patentansprüchen beinhaltet.

BEZUGSZEICHEN

	100	Verdunstungssystem
	101	Tankentlüftungsleitung (Filterbereich)
	102	Tankentlüftungsleitung (Tankbereich)
5	103	Tankentlüftungsleitung (Motorbereich)
	104	erster Spülpfad
	105	zweiter Spülpfad
	106	Tankentlüftungsventil
	107	Tankabsperrventil
10	108	Rückschlagventil
	109	Kraftstoffdampf-Rückhaltefilter
	110	Leckdiagnosepumpe
	111	Drucksensor
	112	Flussrichtung
15	120	Steuergerät
	121	Signalleitung
	130	Kraftstofftank
	140	Luftpfad des Verbrennungsmotors
	141	Luftfilter
20	142	Drosselklappe
	350	modellierter Stromverlauf
	351	Stromstärke
	352	Zeit
	353	Referenzbetrieb
25	354	Prüfbetrieb
	455	gemessener Stromverlauf
	456	Initialwert
	557	Diskontinuität
	661	Integral des gemessenen Stromgradienten
30	662	Integral des modellierten Stromgradienten
	663	Differenz der Integrale des gemessenen und modellierten Stromgradienten
	664	erster Zeitpunkt
	665	zweiter Zeitpunkt

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Modellierung eines Eingangstroms einer Pumpe (110),
aufweisend die folgenden Schritte:
 - 5 - Ansteuern der Pumpe (110), um zumindest einen Teil eines Verdunstungssystems (100) mit einem Druck zu beaufschlagen;
- Bestimmen eines Druckverlaufs in dem Verdunstungssystem (100); und
- Modellieren eines Verlaufs (350) des Eingangstroms der Pumpe (110)
basierend auf dem Druckverlauf mittels eines Modells.
- 10 2. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Modellieren des Verlaufs (350) des Eingangstroms basierend auf dem Druckverlauf aufweist ein Multiplizieren mit einem Proportionalitätsfaktor.
- 15 3. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, ferner aufweisend Festlegen des Proportionalitätsfaktors mittels eines Referenzbetriebs (353) der Pumpe (110), wobei bei dem Referenzbetrieb (353) eine Referenzleckage von der Pumpe (110) mit Druck beaufschlagt wird.
- 20 4. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Proportionalitätsfaktor festgelegt wird basierend auf zumindest einem der folgenden Parameter: einer Stromstärke eines gemessenen Eingangstroms der Pumpe (110) vor dem Schalten eines Ventils der Pumpe (110) und einer Änderung des gemessenen Eingangstroms der Pumpe (110) während und/oder
25 nach dem Schalten des Ventils der Pumpe (110).
5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend Adaptieren des Modells während eines Prüfbetriebs (354) der Pumpe (110),
wobei bei dem Prüfbetrieb (354) der zumindest eine Teil des
30 Verdunstungssystems (100) von der Pumpe (110) mit Druck beaufschlagt wird.
6. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Adaptieren des Modells aufweist

Prüfen, ob zwischen zwei vorgegebenen Zeitpunkten eine Betriebsbedingung der Pumpe (110) einem vorgegebenen Stabilitätskriterium genügt;

Bestimmen jeweils einer Differenz zwischen dem modellierten

- 5 Eingangsstrom (350) und einem gemessenen Eingangsstrom (455) der Pumpe (110) zu den zwei vorgegebenen Zeitpunkten (664, 665); und

Korrigieren des Modells basierend auf den Differenzen zu den zwei vorgegebenen Zeitpunkten (664, 665), falls zwischen den zwei vorgegebenen Zeitpunkten (664, 665) das Stabilitätskriterium erfüllt ist.

10

7. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch wobei die Betriebsbedingung zumindest einen der folgenden Parameter umfasst: eine Versorgungsspannung der Pumpe (110), einen Gradienten des gemessenen Verlaufs (455) des Eingangsstroms der Pumpe (110) und einen Gradienten des
15 Druckverlaufs.

8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend Empfangen eines gemessenen Verlaufs (455) des Eingangsstroms der Pumpe (110).

20

9. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, ferner aufweisend Bestimmen eines Initialwerts (456) des modellierten Verlaufs (350) des Eingangsstroms, wobei der Initialwert (456) auf einem Stromwert des gemessenen Verlaufs (455) des Eingangsstroms basiert, bei welchem ein Gradient des
25 gemessenen Verlaufs (455) des Eingangsstroms einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt.

25

10. Verfahren gemäß Anspruch 8 oder 9, wobei Modelleigenschaften des Modells derart gewählt sind, dass eine Schwankung im gemessenen Verlauf (455)
30 des Eingangsstroms stärker ausgeprägt ist als eine entsprechende Schwankung im modellierten Verlauf (350) des Eingangsstroms, wenn die Schwankung im gemessenen Verlauf (455) nicht durch eine Änderung des Drucks in dem Verdunstungssystem (100) verursacht ist.

30

11. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend: Durchführen einer Fehlerdiagnose des Verdunstungssystems, wobei die Fehlerdiagnose den modellierten Verlauf (350) des Eingangsstroms der Pumpe (110) berücksichtigt.

5

12. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Fehlerdiagnose den modellierten Verlauf des Eingangsstroms berücksichtigt, wenn zumindest eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- (i) eine Gradientenänderung des gemessenen Verlaufs (350) des Eingangsstroms übersteigt einen vorgegebenen Diskontinuitäts-Schwellwert;
- (ii) ein Betrag eines Gradienten des gemessenen Verlaufs (350) des Eingangsstroms übersteigt einen vorgegebenen weiteren Diskontinuitäts-Schwellwert;
- (iii) eine Schwankung einer Versorgungsspannung der Pumpe (110) übersteigt einen vorgegebenen Spannungs-Schwellwert.

10

15

13. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Diskontinuitäts-Schwellwert und/oder der weitere Diskontinuitäts-Schwellwert abhängig von einem Volumen sind, das mit dem Druck beaufschlagt wird.

20

14. Steuergerät (120) für ein Kraftfahrzeug, eingerichtet ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 durchzuführen.

25

15. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 durchzuführen.

FIG 1

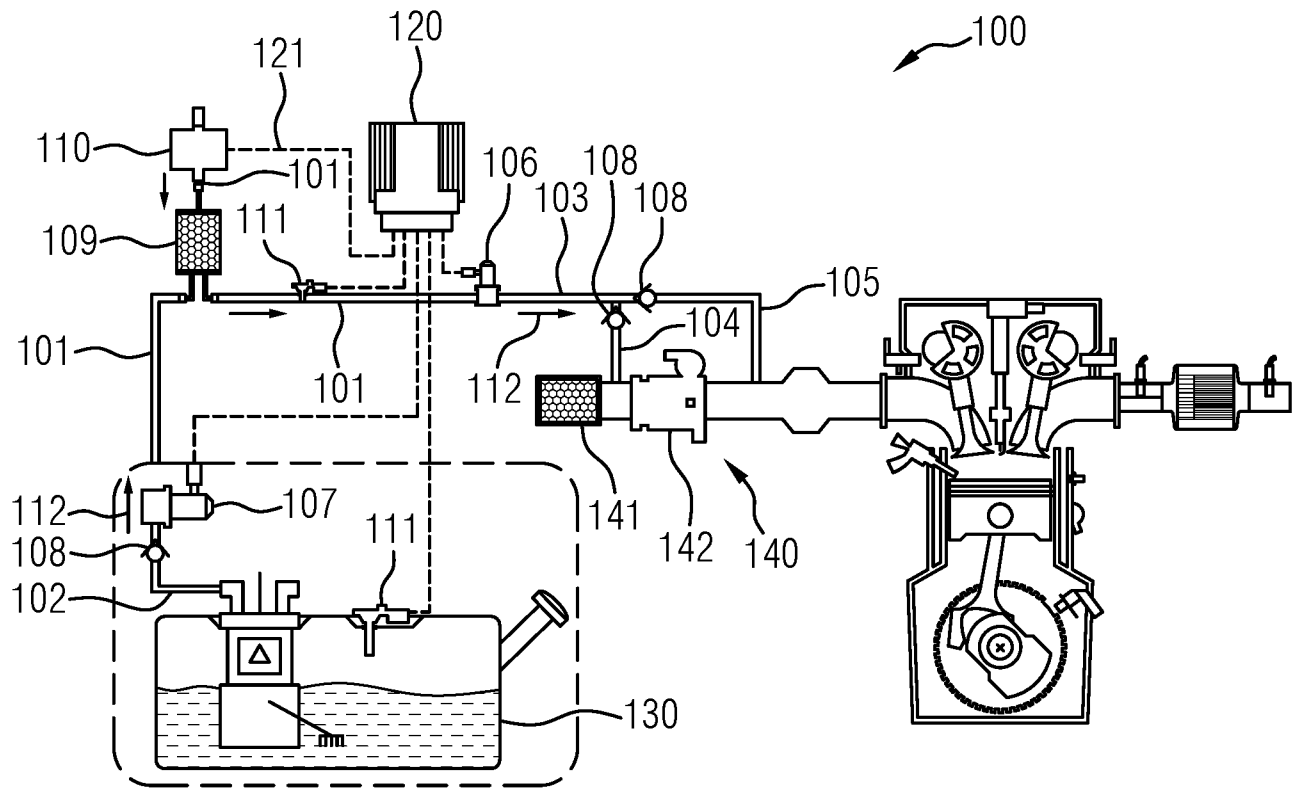


FIG 2

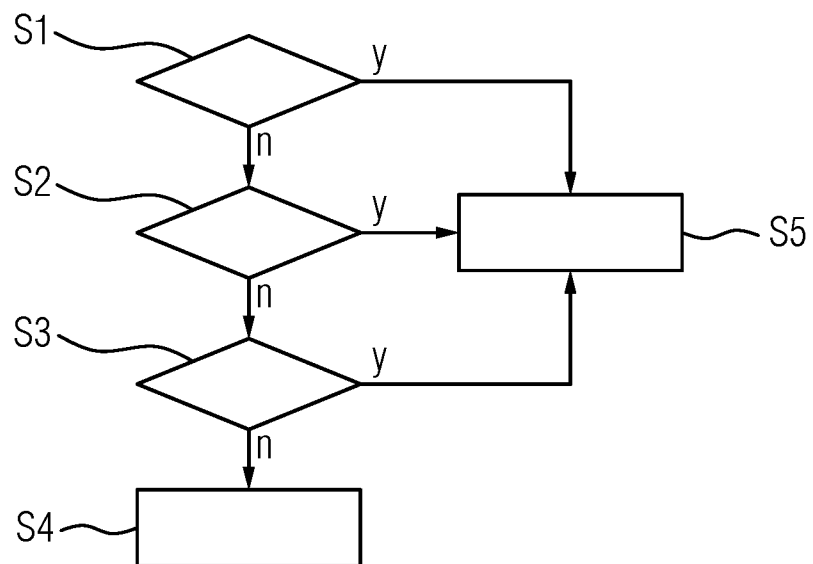


FIG 3

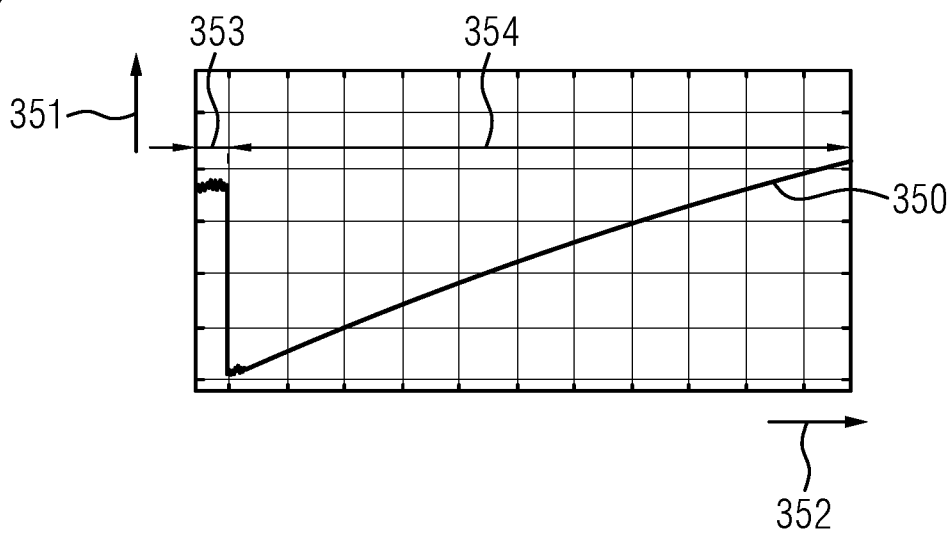


FIG 4

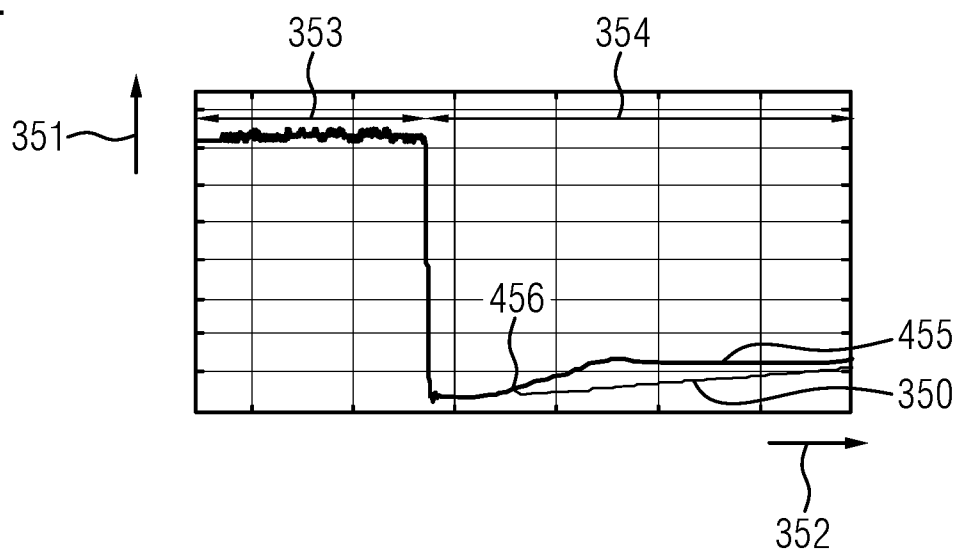


FIG 5

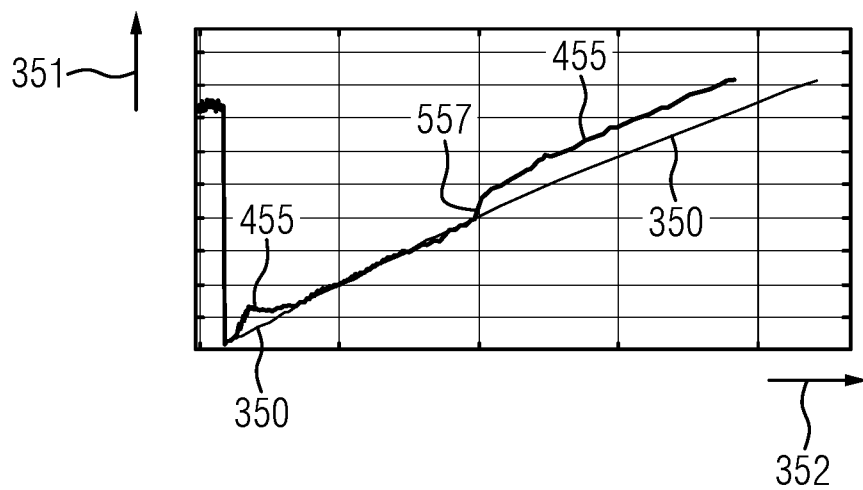


FIG 6

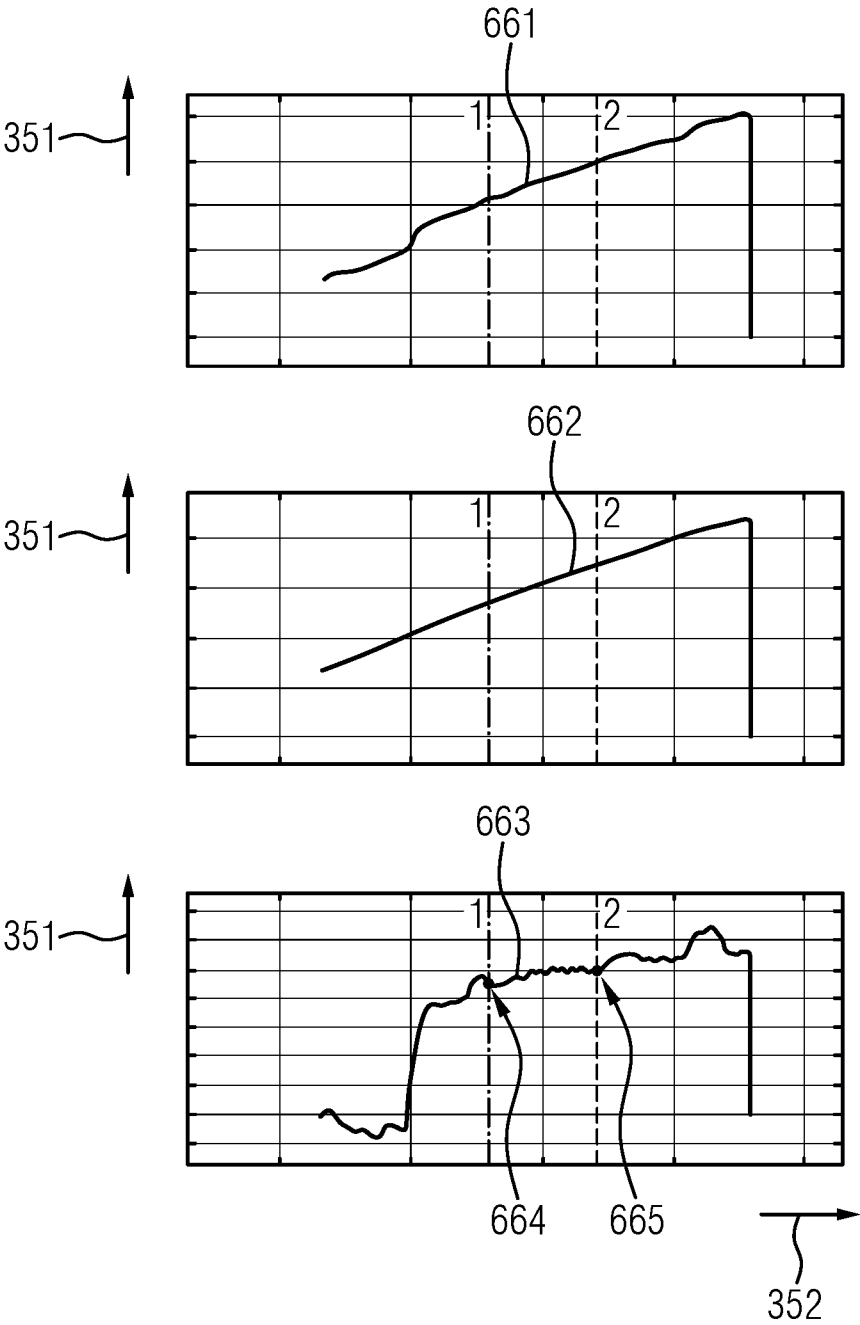
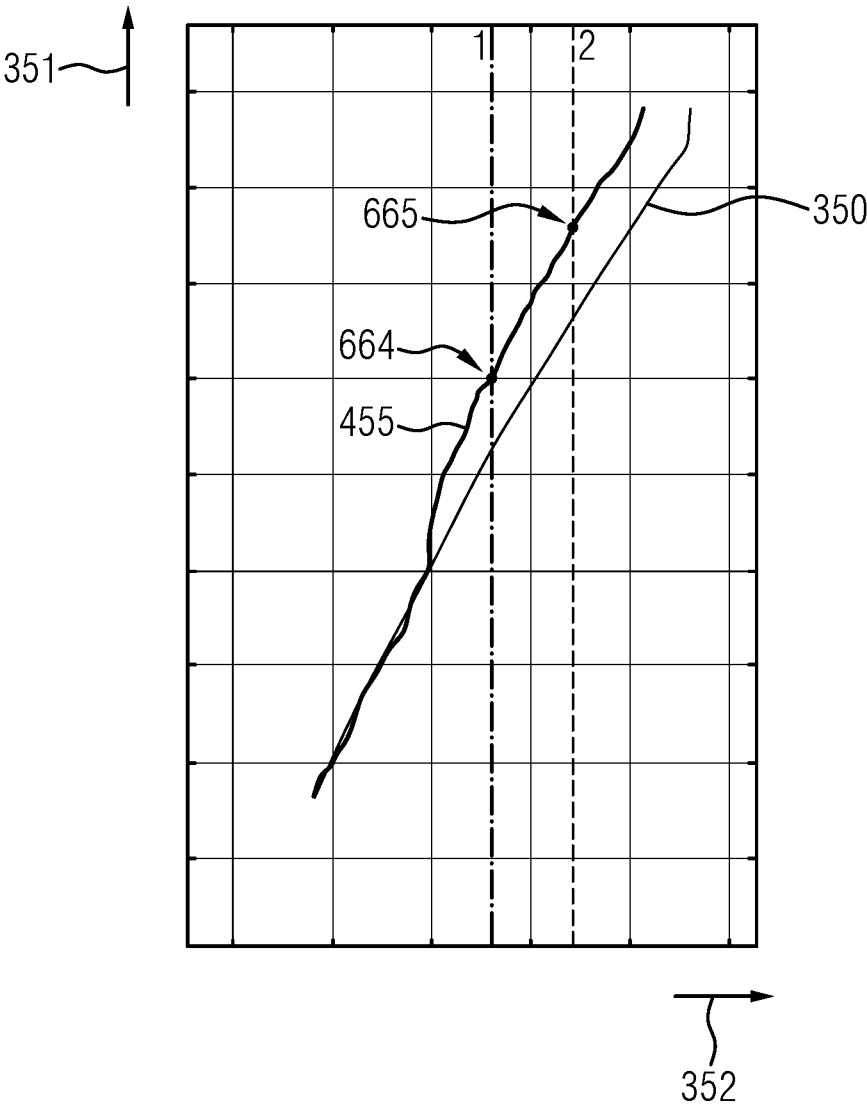


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/063112

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F02M 25/08 (2006.01)i; F02D 41/00 (2006.01)i; <i>F02D 41/22</i> (2006.01)n According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F02M; F02D Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1895144 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 05 March 2008 (2008-03-05) abstract figures 1-3 Claims 1-35 paragraph [0016] - paragraph [0103]	1-5,7-9,11-15
X	KR 20220070844 A (HYUNDAI KEFICO CORP [KR]) 31 May 2022 (2022-05-31) abstract figures 1-5 paragraph [0036] - paragraph [0104]	4,5,7,8,11-15
X	DE 102019215472 A1 (VITESCO TECH GMBH [DE]) 15 April 2021 (2021-04-15) abstract figures 1, 2 Claims 1-12 paragraph [0008] - paragraph [0038]	1-5,7,8,12-15
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 02 July 2024		Date of mailing of the international search report 19 July 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Juvenelle, Cyril Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102005049776 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 19 April 2007 (2007-04-19) abstract figures 1-3 paragraph [0011] - paragraph [0032]	1,6-15
X	DE 102012218933 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17 April 2014 (2014-04-17) abstract figures 1-4 paragraph [0008] - paragraph [0027]	1,8,11,14,15
X	EP 1510804 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 02 March 2005 (2005-03-02) Summary figures 1-10 paragraph [0002] - paragraph [0052]	1-5,7,8,11,14,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/063112

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	1895144	A1	05 March 2008	EP	1895144	A1	05 March 2008
				EP	1998037	A2	03 December 2008
KR	20220070844	A	31 May 2022	NONE			
DE	102019215472	A1	15 April 2021	CN	114450477	A	06 May 2022
				DE	102019215472	A1	15 April 2021
				KR	20220071272	A	31 May 2022
				US	2022228537	A1	21 July 2022
				WO	2021069160	A1	15 April 2021
DE	102005049776	A1	19 April 2007	NONE			
DE	102012218933	A1	17 April 2014	NONE			
EP	1510804	A1	02 March 2005	DE	60312851	T2	06 December 2007
				EP	1510804	A1	02 March 2005

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F02M25/08 F02D41/00 ADD. F02D41/22		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RESEARCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F02M F02D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 895 144 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 5. März 2008 (2008-03-05) Zusammenfassung Abbildungen 1-3 Ansprüche 1-35 Absatz [0016] - Absatz [0103] -----	1-5,7-9, 11-15
X	KR 2022 0070844 A (HYUNDAI KEFICO CORP [KR]) 31. Mai 2022 (2022-05-31) Zusammenfassung Abbildungen 1-5 Absatz [0036] - Absatz [0104] ----- -/-	4,5,7,8, 11-15
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 2. Juli 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 19/07/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Juvenelle, Cyril

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2019 215472 A1 (VITESCO TECH GMBH [DE]) 15. April 2021 (2021-04-15) Zusammenfassung Abbildungen 1, 2 Ansprüche 1-12 Absatz [0008] - Absatz [0038] -----	1-5,7,8, 12-15
X	DE 10 2005 049776 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 19. April 2007 (2007-04-19) Zusammenfassung Abbildungen 1-3 Absatz [0011] - Absatz [0032] -----	1,6-15
X	DE 10 2012 218933 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17. April 2014 (2014-04-17) Zusammenfassung Abbildungen 1-4 Absatz [0008] - Absatz [0027] -----	1,8,11, 14,15
X	EP 1 510 804 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 2. März 2005 (2005-03-02) Zusammenfassung Abbildungen 1-10 Absatz [0002] - Absatz [0052] -----	1-5,7,8, 11,14,15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/063112

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1895144 A1	05-03-2008	EP 1895144 A1	05-03-2008
		EP 1998037 A2	03-12-2008

KR 20220070844 A	31-05-2022	KEINE	

DE 102019215472 A1	15-04-2021	CN 114450477 A	06-05-2022
		DE 102019215472 A1	15-04-2021
		KR 20220071272 A	31-05-2022
		US 2022228537 A1	21-07-2022
		WO 2021069160 A1	15-04-2021

DE 102005049776 A1	19-04-2007	KEINE	

DE 102012218933 A1	17-04-2014	KEINE	

EP 1510804 A1	02-03-2005	DE 60312851 T2	06-12-2007
		EP 1510804 A1	02-03-2005
