

(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
17. April 2014 (17.04.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/056594 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/00 (2006.01) *F02D 41/30* (2006.01)
F02D 41/22 (2006.01) *F02D 41/24* (2006.01)
F02D 41/28 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/002993

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Oktober 2013 (04.10.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 020 490.6
10. Oktober 2012 (10.10.2012) DE

(71) Anmelder: MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH
[DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: REMELE, Jörg; Am Sonnenbühl 34, 88709
Hagnau (DE). TOTH, Aron; Bodenseestrasse 24, 88048
Friedrichshafen (DE).

(74) Anwalt: WINTER, Josef; Tognum AG, Intellectual
Property / CLP, Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen
(DE).

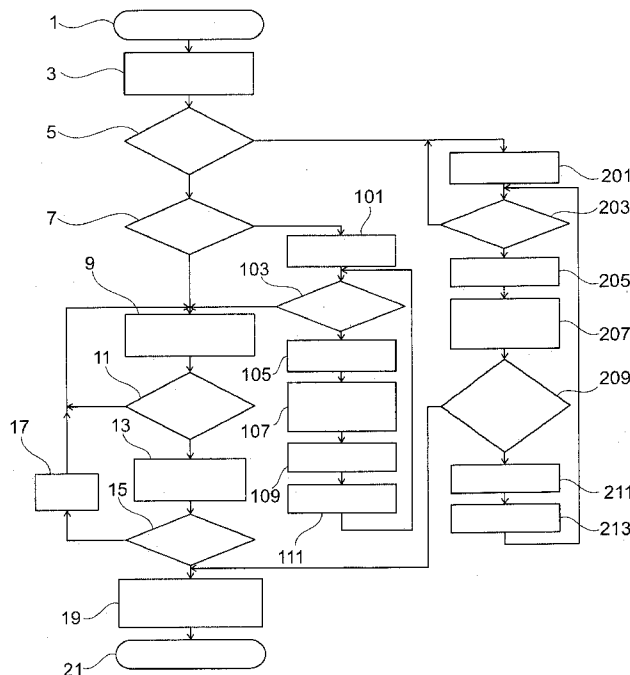
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR THE FAILURE DETECTION OF INJECTORS IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE,
ENGINE CONTROL UNIT AND SYSTEM FOR CARRYING OUT A METHOD

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR AUSFALLERKENNUNG VON INJEKTOREN IN EINEM VERBRENNUNGSMOTOR,
MOTORSTEUERGERÄT UND SYSTEM ZUR DURCHFÜHRUNG EINES VERFAHRENS



(57) Abstract: The invention relates to a method for
detecting the failure of injectors in an internal combustion
engine, comprising the following steps: measuring a crank
angle signal; transforming the crank angle signal into the
frequency range by means of a discrete Fourier
transformation; switching off each injector once and in a
sequential manner; detecting and storing an angle of the
harmonic of the 0.5th order of the Fourier-transformed crank
angle signal for each switched-off injector once and in a
sequential manner; continuous detection and storage of an
angle and an amount of the harmonic of the 0.5th order of
the Fourier-transformed crank angle signal; continuous
comparison of the continuously detected amount with a
predetermined threshold value, and determining a failure of
the injector when the amount exceeds the predetermined
threshold value; comparing the continuously detected angle
with the angles stored for each switched-off injector when a
failure of the injector is detected, and identifying the failed
injector with an injector, for which a matching, stored angle
is found.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/056594 A1



SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Es wird ein Verfahren zur Ausfallerkennung von Injektoren in einem Verbrennungsmotor mit den folgenden Schritten vorgeschlagen: Messen eines Kurbelwinkelsignals; Transformieren des Kurbelwinkelsignals in den Frequenzbereich mittels diskreter Fouriertransformation; einmaliges, sequentielles Abschalten jedes Injektors; einmaliges, sequentielles Erfassen und Speichern eines Winkels der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des fouriertransformierten Kurbelwinkelsignals für jeden abgeschalteten Injektor; fortlaufendes Erfassen und Speichern eines Winkels und eines Betrags der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des fouriertransformierten Kurbelwinkelsignals; fortlaufendes Vergleichen des fortlaufend erfassten Betrags mit einem vorherbestimmten Schwellenwert, und Feststellen eines Injektorausfalls, wenn der Betrag den vorherbestimmten Schwellenwert überschreitet; Vergleichen des fortlaufend erfassten Winkels mit den für jeden abgeschalteten Injektor gespeicherten Winkeln, wenn ein Injektorausfall festgestellt wird, und Identifizieren des ausgefallenen Injektors mit einem Injektor, für den ein übereinstimmender, gespeicherter Winkel gefunden wird.

Verfahren zur Ausfallerkennung von Injektoren in einem Verbrennungsmotor,
Motorsteuergerät und System zur Durchführung eines Verfahrens

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ausfallerkennung von Injektoren in einem Verbrennungsmotor gemäß Anspruch 1, ein Motorsteuergerät für einen Verbrennungsmotor gemäß Anspruch 9, sowie ein System zur Durchführung eines Verfahrens zur Ausfallerkennung von Injektoren gemäß Anspruch 10.

Verfahren der hier angesprochenen Art sind grundsätzlich bekannt. Aus dem US-amerikanischen Patent US 5,303,158 A geht ein Verfahren zur Erkennung anomaler Verbrennungseignisse in Zylindern eines Verbrennungsmotors hervor, wobei ein ausgefallener Injektor unter ein anomales Verbrennungseignis subsumiert werden kann. Im Rahmen des bekannten Verfahrens wird ein Drehzahlsignal des Verbrennungsmotors fouriertransformiert, und es werden Amplituden in vorherbestimmten Frequenzbereichen der so erhaltenen Spektren verglichen, um ein anomales Verbrennungseignis festzustellen. Wird ein solches festgestellt, ist es in separaten Verfahrensschritten möglich, herauszufinden, in welchem Zylinder eine anomale Verbrennung stattfindet. Hierzu wird in den einzelnen Zylindern jeweils eine anomale Verbrennung erzwungen, und es werden wiederum Amplituden in vorherbestimmten Frequenzbereichen der so erhaltenen Spektren miteinander verglichen, wobei die Ergebnisse dieses Vergleichs mit entsprechenden Ergebnissen aus den zuvor ohne erzwungene anomale Verbrennung erhaltenen Spektren verglichen werden. Dabei zeigt sich, dass das Verfahren kompliziert und umständlich ist, insbesondere weil stets nach dem Erkennen einer anomalen Verbrennung sequentiell in jedem Zylinder eine solche erzwungen werden muss, um letztlich feststellen zu können, in welchem Zylinder das anomale Verbrennungseignis stattfindet. Auch der Vergleich der Amplituden in vorherbestimmten Frequenzbereichen der verschiedenen Spektren ist aufwendig und umständlich.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit welchem ein Injektorausfall einfach und rasch während des normalen Betriebs des Motors erkannt und ein ausgefallener Injektor identifiziert werden kann. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, ein Motorsteuergerät zu schaffen, welches zur Durchführung des Verfahrens eingerichtet ist, sowie ein System zu schaffen, mit dessen Hilfe das Verfahren durchführbar ist.

Die Aufgabe wird gelöst, indem ein Verfahren gemäß Anspruch 1 geschaffen wird.

Das Verfahren zur Ausfallerkennung von Injektoren in einem Verbrennungsmotor umfasst folgende Schritte: Es wird ein Kurbelwinkelsignal gemessen, welches mittels diskreter Fouriertransformation in den Frequenzbereich transformiert wird. Aus der diskreten Fouriertransformation des Kurbelwinkelsignals resultiert insbesondere ein Betrag und ein Winkel für eine Harmonische der 0,5-ten Ordnung des Kurbelwinkelsignals im Frequenzbereich. Einmalig und sequentiell nacheinander werden die einzelnen Injektoren abgeschaltet. Dabei wird ebenfalls einmalig und sequentiell nacheinander ein Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des fouriertransformierten Kurbelwinkelsignals für jeden abgeschalteten Injektor ermittelt. Beispielsweise wird zunächst ein erster Injektor abgeschaltet, und es wird ein Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung für diesen Betriebszustand des Verbrennungsmotors mit dem alleine abgeschalteten ersten Injektor erfasst und vorzugsweise in einem ersten Speichermittel gespeichert. Anschließend wird der erste Injektor wieder angeschaltet, und es wird ein zweiter Injektor abgeschaltet, während die übrigen Injektoren angeschaltet bleiben. Auch für diesen Betriebszustand wird ein entsprechender Winkel erfasst und in dem ersten Speichermittel gespeichert. Dies wird entsprechend so fortgeführt, bis für jeden einzelnen, alleine abgeschalteten Injektor ein entsprechender Winkel erfasst und in dem ersten Speichermittel gespeichert wurde. Dabei werden die Winkel in dem ersten Speichermittel den jeweils abgeschalteten Injektoren zugeordnet.

Während des Betriebs des Verbrennungsmotors und/oder während der Durchführung des Verfahrens wird fortlaufend sowohl ein Winkel als auch ein Betrag der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des fouriertransformierten Kurbelwinkelsignals erfasst und – vorzugsweise in einem zweiten Speichermittel – gespeichert. Der so fortlaufend erfasste Betrag wird fortlaufend mit einem vorherbestimmten Schwellenwert verglichen. Ein Injektorausfall wird festgestellt, wenn der fortlaufend erfasste Betrag den vorherbestimmten Schwellenwert überschreitet. Hierzu ist Wesentlich, dass der Betrag der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung in dem Fall, dass alle Injektoren des

Verbrennungsmotors funktionstüchtig sind, verschwinden oder zumindest klein sein sollte. Hingegen führt der Ausfall eines Injektors zu einer Überhöhung des Betrags der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung. Es ist daher möglich, einen Schwellenwert festzulegen, bei dessen Überschreitung mit großer Wahrscheinlichkeit auf einen Injektorausfall geschlossen werden kann. Dabei ist der überhöhte Betrag lediglich charakteristisch dafür, dass überhaupt ein Injektor ausgefallen ist. Der Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung ist dagegen charakteristisch für den tatsächlich ausgefallenen, individuellen Injektor. In dem hier angesprochenen Verfahrensschritt wird demnach zunächst festgestellt, ob überhaupt ein Injektor ausgefallen ist.

In einem weiteren Verfahrensschritt wird der fortlaufend erfasste Winkel mit den für jeden abgeschalteten Injektor in dem ersten Speichermittel gespeicherten Winkeln einzeln verglichen, wenn zuvor aufgrund des überhöhten Betrags ein Injektorausfall festgestellt wurde. Der ausgefallene Injektor wird dann mit dem Injektor identifiziert, für den bei dem Vergleich ein übereinstimmender, in dem ersten Speichermittel gespeicherter Winkel gefunden wird. Auf diese Weise ist es ohne Weiteres möglich festzustellen, welcher Injektor ausgefallen ist, wenn ein Injektorausfall festgestellt wurde.

Dabei zeigt sich, dass es im Rahmen des Verfahrens nicht nötig ist, mühsam Amplituden in verschiedenen Spektralbereichen gemessener Spektren zu vergleichen. Außerdem ist es nicht nötig, nach Feststellen eines Injektorausfalls die einzelnen Injektoren der Zylinder nacheinander abzuschalten. Es ist vielmehr ausreichend, einmalig die Injektoren sequentiell nacheinander abzuschalten und die zugeordneten Winkel zu speichern. Im laufenden Betrieb des Verbrennungsmotors kann dann ohne Weiteres durch einen Vergleich des aktuell bei einem festgestellten Injektorausfall erfassten Winkels mit den gespeicherten Werten auf den konkret ausgefallenen Injektor geschlossen werden.

Es ist möglich, dass das zweite Speichermittel nur einen Speicherbereich für einen gerade erfassten Winkel aufweist, sodass der nächste erfasste Winkel den zuletzt erfassten Winkel überschreibt. In diesem Fall wird der Winkel in dem Speicherbereich gehalten, wenn ein Injektorausfall festgestellt wird, wobei dies zumindest solange geschieht, bis der ausgefallene Injektor identifiziert wurde. Es ist auch möglich, dass das zweite Speichermittel mehrere Speicherbereiche aufweist, die fortlaufend gefüllt werden, wobei der älteste Messwert jeweils aus seinem Speicherbereich entfernt wird, wenn ein neuer Messwert gespeichert wird. Es ist dann möglich, bereits während eines Vergleichs zur Identifizierung eines ausgefallenen Injektors weitere Winkel und Beträge fortlaufend zu erfassen. Selbstverständlich ist es dann nötig, genau über den aktuellen

Speicherbereich des gerade in den Vergleich einbezogenen Winkels Buch zu führen, weil dieser sich bevorzugt mit jedem neu hinzukommenden Wert ändert, bis der Winkel schließlich aus dem zuletzt belegten Speicherbereich herausfällt.

Für den Vergleich der Winkel ist es möglich, einen Toleranz- oder Fehlerbereich anzugeben, innerhalb dessen die miteinander verglichenen Winkel übereinstimmen müssen, damit ein ausgefallener Injektor identifiziert werden kann. Es ist also nicht unbedingt nötig, dass die verglichenen Werte exakt übereinstimmen. Vorzugsweise werden bei der Bestimmung des Toleranz- beziehungsweise Fehlerbereichs zu erwartende Messfehler, statistische Schwankungen, sowie Artefakte der diskreten Fouriertransformation berücksichtigt.

Es wird ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass die einmalig sequentiell erfassten Winkel in einer sogenannten Lookup-Tabelle gespeichert werden. Das erste Speichermittel umfasst also bevorzugt einen tabellarischen Speicherbereich, in dem die dort gespeicherten Winkel den jeweils abgeschalteten Injektoren zugeordnet sind.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass das einmalige sequentielle Erfassen und Speichern der Winkel für jeden abgeschalteten Injektor nach einem Start des Verbrennungsmotors oder nach einem Start des Verfahrens durchgeführt wird. Insbesondere wird dies unmittelbar nach einem Start des Verbrennungsmotors oder unmittelbar nach einem Start des Verfahrens durchgeführt, sodass das erste Speichermittel, vorzugsweise die Lookup-Tabelle, mit Werten gefüllt wird, sobald der Verbrennungsmotor in Betrieb gesetzt oder das Verfahren gestartet wird. Insofern wird hier das erste Speichermittel beziehungsweise das Verfahren initialisiert, und eine folgende Überwachung des Verbrennungsmotors auf ausgefallene Injektoren während des normalen Betriebs kann erfolgen, ohne dass es im weiteren Verlauf des Betriebs nochmals nötig wird, einzelne Injektoren gezielt abzuschalten. Die Initialisierung des ersten Speichermittels erfolgt also vorzugsweise zu einem Zeitpunkt, in dem der Verbrennungsmotor noch nicht im Rahmen einer üblichen Belastung gefordert ist, sodass das gezielte Abschalten einzelner Injektoren den späteren, normalen Betrieb nicht stört. In diesem Zusammenhang wird auch bevorzugt, dass das Verfahren unmittelbar beim Start des Verbrennungsmotors gestartet wird. Weiter wird das Verfahren bevorzugt während des gesamten Betriebs des Verbrennungsmotors durchgeführt, wobei einmalig initial nach dem Start des Verbrennungsmotors der erste Speicherbereich initialisiert wird, und wobei das Verfahren anschließend ohne weiteren Eingriff in den Betrieb des

Verbrennungsmotors quasi im Hintergrund abläuft, um den Verbrennungsmotor auf den Ausfall eines Injektors zu überwachen. Dabei erfolgt durch das Verfahren kein Steuereingriff in den Betrieb des Verbrennungsmotors, solange kein Injektorausfall festgestellt wird. Wird ein Injektorausfall festgestellt, bedarf es – wie bereits ausgeführt, keines Eingriffs in den Betrieb des Verbrennungsmotors, um den ausgefallenen Injektor zu identifizieren.

Bei einer alternativen Ausführungsform des Verfahrens ist es möglich, dass dieses unabhängig von einem Start des Verbrennungsmotors zu einem beliebigen Zeitpunkt gestartet wird, beispielsweise indem ein Betreiber oder Fahrer es bewusst startet. Ebenso ist es möglich, dass das Verfahren – vorzugsweise durch den Fahrer oder Betreiber des Verbrennungsmotors – beendet wird. In diesem Fall ergeben sich allerdings Betriebszeiten des Verbrennungsmotors, zu denen ein ausgefallener Injektor nicht festgestellt und identifiziert werden kann, nämlich wenn das Verfahren nicht durchgeführt wird.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass mindestens eine Maßnahme ergriffen wird, wenn ein Injektorausfall festgestellt und ein ausgefallener Injektor identifiziert wird.

Es ist dabei möglich, dass als Maßnahme ein Warnhinweis an einen Fahrer oder Betreiber des Verbrennungsmotors ausgegeben wird.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass eine Bestromung des ausgefallenen Injektors ausgesetzt wird. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn der Injektor nicht aufgrund einer fehlerhaften Bestromung ausfällt, sondern weil beispielsweise ein mechanisches Problem vorliegt. Es wird dann verhindert, dass durch die Bestromung des defekten Injektors Schäden auftreten. Selbstverständlich sind auch Ereignisse denkbar, in welchen eine fehlerhafte Bestromung, beispielsweise ein Kurzschluss, einen Injektorausfall bewirkt, wobei es sinnvoll ist, die Bestromung des defekten Injektors auszusetzen.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, eine Leistung des Verbrennungsmotors zu reduzieren. Hierdurch sind insbesondere Beschädigungen oder sogar Zerstörungen des Verbrennungsmotors und/oder einer Kupplung verhinderbar, die möglicherweise auftreten würden, wenn der Verbrennungsmotor trotz des ausgefallenen Injektors mit voller Leistung weiter betrieben würde.

Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, den Verbrennungsmotor abzuschalten. Dies wird insbesondere dann bevorzugt, wenn andernfalls eine Beschädigung des Verbrennungsmotors und/oder der Kupplung zu befürchten ist.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich durch die Folgenden, zusätzlichen Schritte auszeichnet: Der fortlaufend erfasste Winkel und Betrag der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des Kurbelwinkelsignals wird initial gespeichert, wenn ein initialer Injektorausfall erkannt wird, bevor die Winkel für jeden abgeschalteten Injektor einmalig sequentiell erfasst und gespeichert wurden. Insbesondere unmittelbar nach einem Start des Verbrennungsmotors oder des Verfahrens wird demnach geprüft, ob bereits ein Injektorausfall festgestellt wird, ob also ein erfasster Betrag der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung den vorherbestimmten Schwellenwert überschreitet. Ist dies der Fall, wird sowohl der erfasste Winkel als auch der Betrag – vorzugsweise in einem dritten Speichermittel – gespeichert. In diesem Fall stehen in dem ersten Speichermittel noch keine Winkel für einen Vergleich zur Verfügung, weil der Injektorausfall noch vor der Initialisierung des ersten Speichermittels festgestellt wurde.

Daher werden in diesem Fall nach dem Erfassen und initialen Speichern des Winkels und des Betrags die einzelnen Injektoren sequenziell nacheinander abgeschaltet, wobei für jeden einzelnen abgeschalteten Injektor ein Betrag und ein Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des Kurbelwinkelsignals erfasst und mit den initial gespeicherten Werten, die vorzugsweise in dem dritten Speichermittel vorliegen, verglichen. Dabei wird ein initial ausgefallener Injektor, also ein Injektor der noch vor der Initialisierung des ersten Speichermittels ausgefallen ist, identifiziert, wenn die für einen einzelnen abgeschalteten Injektor erfassten Werte von Betrag und Winkel mit den initial gespeicherten Werten übereinstimmen.

Dieser Vorgehensweise liegt die Überlegung zugrunde, dass sich weder der Winkel noch der Betrag der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung ändern, wenn der ohnehin ausgefallene Injektor abgeschaltet wird. Daher sollten in diesem Fall die aktuell erfassten Werte mit den initial gespeicherten Werten identisch sein. Wird dagegen ein funktionstüchtiger Injektor abgeschaltet, ergeben sich abweichende Werte sowohl für den Winkel als auch für den Betrag der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung. Insgesamt ist es auf diese Weise also möglich, den initial ausgefallenen Injektor noch vor der Initialisierung des ersten Speichermittels zu identifizieren.

In diesem Zusammenhang wird ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass eine der zuvor beschriebenen Maßnahmen ergriffen wird, wenn ein initial ausgefallener Injektor identifiziert wird. Auch in diesem Fall wird also vorzugsweise ein Warnhinweis an einen Fahrer oder Betreiber ausgegeben, eine Bestromung des ausgefallenen Injektors ausgesetzt, eine Leistung des Verbrennungsmotors reduziert und/oder der Verbrennungsmotor abgeschaltet. Hierdurch ist es insbesondere möglich, Beschädigungen und/oder Zerstörungen an dem Verbrennungsmotor oder der Kupplung zu vermeiden.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass es durch ein Motorsteuergerät durchgeführt wird, welches auch im Übrigen die Steuerung des Verbrennungsmotors übernimmt. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Motorsteuergerät um eine sogenannte elektronische Motorsteuerungseinheit (Engine Control Unit, ECU). Das Kurbelwinkelsignal wird vorzugsweise durch einen Kurbelwellensensor erfasst, der ohnehin zur Motorsteuerung vorgesehen ist. Das Motorsteuergerät wird bevorzugt zu Beginn des Verfahrens oder bei einem Start des Verbrennungsmotors mittels eines Nockenwellensignals, das bevorzugt durch einen Nockenwellensensor erfasst wird, auf Arbeitstakte von Zylindern des Verbrennungsmotors synchronisiert. Diese Synchronisation erfolgt vorzugsweise ohnehin, damit das Motorsteuergerät auch andere Funktionen zur Steuerung des Verbrennungsmotors synchronisiert wahrnehmen kann. Damit zeigt sich, dass das Verfahren keine weiteren Einrichtungen benötigt, die nicht ohnehin in oder an dem Verbrennungsmotor vorgesehen sind. Insbesondere benötigt das Verfahren lediglich Signale der Kurbelwelle und der Nockenwelle. Da diese Signale an jedem modernen Verbrennungsmotor erfasst werden, entstehen keine zusätzlichen Sensor-, Geräte- und/oder Verkabelungskosten. Da der Algorithmus für das Verfahren vorzugsweise in das Motorsteuergerät implementiert ist, entstehen auch hier keine weiteren Kosten beziehungsweise es müssen keine weiteren Vorrichtungen in den Verbrennungsmotor eingebunden werden.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass das Verfahren in einem Betriebspunkt des Verbrennungsmotors unter Last oder im Leerlauf durchgeführt wird. Grundsätzlich ist es möglich, dass das Verfahren sowohl unter Last als auch im Leerlauf des Verbrennungsmotors, insbesondere während dessen gesamten Betriebs durchgeführt wird.

Es zeigt sich Folgendes: Das Verfahren wird bevorzugt in Großmotoren durchgeführt, die beispielsweise als Antriebsaggregate für Lokomotiven, Schiffe, andere große Fahrzeuge

oder auch stationär, beispielsweise für Kleinkraftwerke eingesetzt werden. Bei solchen Großmotoren tritt im Allgemeinen keine Schubphase auf, wie sie bei kleineren Motoren im Kraftfahrzeug-Bereich für den Straßenverkehr üblich ist, beispielsweise wenn ein Kraftfahrzeug mit eingerückter Kupplung ohne Betätigung des Gaspedals rollt und den Verbrennungsmotor mitschleppt. Zahlreiche Verfahren machen sich gerade die Eigenschaften dieser Schubphase zu nutze, um einen Injektorausfall feststellen beziehungsweise einen ausgefallenen Injektor identifizieren zu können. Solche Verfahren sind bei Großmotoren nicht einsetzbar, weil diese generell keine Schubphase aufweisen. Das hier vorgeschlagene Verfahren ist dagegen insbesondere zur Durchführung bei Großmotoren geeignet, weil es unabhängig von einem Betriebspunkt des Verbrennungsmotors, insbesondere auch unter Last oder im Leerlauf durchführbar ist.

Die Aufgabe wird auch gelöst, indem ein Motorsteuergerät für einen Verbrennungsmotor mit den Merkmalen des Anspruchs 9 geschaffen wird. Dieses ist eingerichtet zur Durchführung eines Verfahrens nach einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen. Insbesondere ist ein entsprechender Algorithmus zur Durchführung des Verfahrens in das Motorsteuergerät implementiert. Damit ergeben sich in Zusammenhang mit dem Motorsteuergerät die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert wurden.

Die Aufgabe wird schließlich auch gelöst, indem ein System zur Durchführung eines Verfahrens nach einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen mit den Merkmalen des Anspruchs 10 geschaffen wird.

Das System weist ein Erfassungsmittel, vorzugsweise einen Kurbelwellensensor auf, der so ausgebildet ist, dass er ein Kurbelwinkelsignal messen beziehungsweise erfassen kann. Es weist ein Transformationsmittel auf, das mit dem Erfassungsmittel zur Weiterleitung des Kurbelwinkelsignals wirkverbunden und so ausgebildet ist, dass das Kurbelwinkelsignal mithilfe des Transformationsmittels mittels diskreter Fouriertransformation in den Frequenzbereich transformierbar ist. Weiterhin weist das System ein Schaltmittel auf, das so ausgebildet ist, dass mit seiner Hilfe Injektoren des Verbrennungsmotors sequentiell und insbesondere einzeln abgeschaltet und auch wieder angeschaltet werden können. Das System weist außerdem ein erstes Speichermittel auf, das so ausgebildet ist, dass mit seiner Hilfe ein Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des Kurbelwinkelsignals für jeden insbesondere einzeln abgeschalteten Injektor erfassbar und speicherbar ist. Es ist ein zweites Speichermittel vorgesehen, das so ausgebildet ist, dass es fortlaufend einen Winkel und einen Betrag der Harmonischen der

0,5-ten Ordnung des Kurbelwinkelsignals erfassen und speichern kann. Weiterhin ist ein erstes Vergleichsmittel vorgesehen, das so ausgebildet ist, dass es den in dem zweiten Speichermittel gespeicherten Betrag mit einem vorherbestimmten Schwellenwert fortlaufend vergleichen kann, wobei das Vergleichsmittel außerdem so ausgebildet ist, dass es einen Injektorausfall feststellt, wenn der Betrag den vorherbestimmten Schwellenwert überschreitet. Es ist ein zweites Vergleichsmittel vorgesehen, das so ausgebildet ist, dass es den in dem zweiten Speichermittel gespeicherten Winkel mit jedem der in dem ersten Speichermittel gespeicherten Winkel einzeln vergleichen kann, wenn ein Injektorausfall vorliegt. Das zweite Vergleichsmittel ist außerdem so ausgebildet, dass es einen ausgefallenen Injektor mit dem Injektor identifiziert, für den ein – gegebenenfalls im Rahmen eines vorherbestimmten Toleranz- und/oder Fehlerbereichs – übereinstimmender, in dem ersten Speichermittel gespeicherte Winkel gefunden wird.

Im Übrigen werden die im Rahmen des Verfahrens beschriebenen Verfahrensmerkmale auch als entsprechende Vorrichtungsmerkmale des Systems bevorzugt. Bezüglich bevorzugter Ausführungsbeispiele des Systems wird daher auf die Ausführungen zu dem Verfahren verwiesen.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt die einzige Figur ein Flussdiagramm einer Ausführungsform des Verfahrens.

In einem ersten Schritt 1 wird das Verfahren zur Ausfallerkennung von Injektoren gestartet. Dies erfolgt bevorzugt gemeinsam mit oder unmittelbar nach dem Start des Verbrennungsmotors. In einem zweiten Schritt 3 werden ein Betrag und ein Winkel einer Harmonischen der 0,5-ten Ordnung eines mittels diskreter Fouriertransformation in den Frequenzbereich transformierten Kurbelwinkelsignals erfasst und vorzugsweise in einem dritten Speichermittel gespeichert.

Es folgt eine Abfrage 5, in der überprüft wird, ob der in Schritt 3 initial gespeicherte Betrag größer ist als ein vorherbestimmter Schwellenwert.

Ist dies nicht der Fall, liegt offenbar kein initial ausgefallener Injektor vor, und das Verfahren schreitet weiter fort zu einer Abfrage 7. In dieser wird geprüft, ob ein erstes Speichermittel bereits initialisiert wurde. Vorzugsweise wird nach jedem Neustart des Verbrennungsmotors das erste Speichermittel frisch initialisiert. Es ist allerdings nicht unbedingt nötig, das erste Speichermittel auch neu zu initialisieren, wenn das Verfahren

während des laufenden Betriebs des Verbrennungsmotors gestoppt und – nach einer gewissen Wartezeit – neu gestartet wird. Auch in einem solchen Fall ist es allerdings möglich, das erste Speichermittel frisch zu initialisieren, wobei es auch zum Ende des Verfahrens gelöscht werden kann, sodass es bei einem Neustart frisch initialisiert werden muss. Bei einer alternativen Ausführungsform ist es selbstverständlich auch möglich, dass das Speichermittel nicht bei jedem Neustart des Verbrennungsmotors frisch initialisiert wird, sondern dass vielmehr die insbesondere in der Lookup-Tabelle hinterlegten Werte für eine vorherbestimmte Anzahl separater Betriebsphasen des Verbrennungsmotors verwendet werden.

Ist das erste Speichermittel noch nicht initialisiert, schreitet das Verfahren fort zu einem Schritt 101. Andernfalls, wenn also bereits ein initialisiertes erstes Speichermittel beziehungsweise eine bedatete, also mit Daten gefüllte Lookup-Tabelle vorliegt, schreitet das Verfahren fort zu einem Schritt 9.

Es wird nun im Folgenden zunächst die Initialisierung des ersten Speichermittels beziehungsweise die Bedatung der Lookup-Tabelle beschrieben. Dazu wird in dem Schritt 101 eine Anzahl der von dem Verbrennungsmotor umfassten Zylinder und damit auch die Anzahl der von dem Verbrennungsmotor umfassten Injektoren ermittelt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens umfasst der Verbrennungsmotor genau einen Injektor pro Zylinder. Es ist jedoch auch möglich, dass mehr als ein Injektor pro Zylinder vorgesehen sein kann. Es ist ohne Weiteres ersichtlich, wie das im Folgenden beschriebene Verfahren dann zu modifizieren ist, weshalb hier der Einfachheit wegen lediglich der bevorzugte Fall beschrieben wird, in welchem der Verbrennungsmotor lediglich einen Injektor pro Zylinder umfasst. Die ermittelte Anzahl der Zylinder wird gespeichert, und es wird eine Laufvariable auf den Wert 0 gesetzt.

Anschließend wird in einer Abfrage 103 überprüft, ob der aktuelle Wert der Laufvariable kleiner ist als die gespeicherte Anzahl der Zylinder. Ist dies der Fall, schreitet das Verfahren weiter fort zu einem Schritt 105, in welchem ein erster Injektor abgeschaltet wird, wenn die Laufvariable den Wert 0 aufweist, wobei ein zweiter Injektor abgeschaltet wird, wenn die Laufvariable den Wert 1 aufweist, und so fort. Es wird also stets ein und nur ein Injektor abgeschaltet, der dem aktuellen Wert der Laufvariable eindeutig zugeordnet ist.

In einem folgenden Schritt 107 wird ein Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung erfasst und in dem ersten Speichermittel beziehungsweise der Lookup-Tabelle hinterlegt, der dem Betrieb des Verbrennungsmotors mit dem allein abgeschalteten Injektor zugeordnet ist, welcher dem aktuellen Wert der Laufvariable zugeordnet ist.

In einem folgenden Schritt 109 wird der entsprechende Injektor, der dem aktuellen Wert der Laufvariable zugeordnet ist, wieder eingeschaltet.

In einem folgenden Schritt 111 wird der Wert der Laufvariable um den Betrag 1 erhöht. Das Verfahren kehrt nun zurück zu der Abfrage 103, in der wiederum geprüft wird, ob der neue Wert der Laufvariable noch kleiner ist als die gespeicherte Anzahl der Zylinder. Ist dies weiter der Fall, folgt wiederum die Abfolge der Schritte 105 bis 111. Es wird also eine Schleife um die Abfrage 103 und die Schritte 105 bis 111 solange durchlaufen, bis für jeden einzeln abgeschalteten Injektor ein Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung erfasst und gespeichert wurde. Weist die Laufvariable erstmals einen Wert auf, welcher der Anzahl der Zylinder entspricht, wurde die entsprechende Schleife für alle Injektoren durchlaufen, weil für den ersten Injektor mit dem Wert 0 der Laufvariable begonnen wurde. Die Schleife wird also für den letzten Injektor durchlaufen, wenn die Laufvariable einen Wert aufweist, welcher der Anzahl der Zylinder reduziert um den Betrag 1 entspricht.

Weist demnach in der Abfrage 103 die Laufvariable erstmals einen Wert auf, welcher identisch ist mit der Anzahl der Zylinder, schreitet das Verfahren zu dem Schritt 9 fort. Wie bereits ausgeführt wurde, gelangt das Verfahren auch direkt von der Abfrage 7 zu dem Schritt 9, wenn auf die Initialisierung des ersten Speichermittels beziehungsweise die Bedatung der Lookup-Tabelle verzichtet werden kann.

In dem Schritt 9 wird sowohl ein Betrag als auch ein Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des fouriertransformierten Kurbelwinkelsignals erfasst und vorzugsweise in einem zweiten Speichermittel gespeichert.

In einer Abfrage 11 wird geprüft, ob der in dem Schritt 9 erfasste und gespeicherte Betrag größer ist als ein vorherbestimmter Schwellenwert. Ist dies nicht der Fall, liegt offenbar kein Injektorausfall vor, und das Verfahren kehrt zurück zu dem Schritt 9, indem wiederum ein Betrag und ein Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung erfasst und

gespeichert wird. Dabei wird klar, dass hier eine Schleife verwirklicht wird, in der fortlaufend ein Betrag und ein Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung erfasst und gespeichert wird.

Dies wird solange fortgesetzt, bis in der Abfrage 11 festgestellt wird, dass der aktuell erfasste und gespeicherte Betrag größer ist als der vorherbestimmte Schwellenwert. In diesem Fall liegt ein Injektorausfall vor, und das Verfahren schreitet fort zu einem Schritt 13, in dem der in Schritt 9 erfasste Winkel einzeln mit den in dem ersten Speichermittel beziehungsweise in der Lookup-Tabelle gespeicherten Winkeln, die jeweils einzeln abgeschalteten Injektoren zugeordnet sind, verglichen wird.

In einer Abfrage 15 wird schließlich geprüft, ob ein – gegebenenfalls im Rahmen eines vorherbestimmten Toleranz- beziehungsweise Fehlerbereichs – übereinstimmender Winkel gefunden wurde.

Ist dies nicht der Fall, wird in einem Schritt 17 festgestellt, dass das offenbar ein Fehler vorliegt, wobei der ausgefallene Injektor nicht erkannt wurde. In diesem Fall kehrt das Verfahren zurück zu dem Schritt 9, und es beginnt erneut die fortlaufende Erfassung und Speicherung des Betrags und des Winkels der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des fouriertransformierten Kurbelwinkelsignals.

Wurde dagegen erfolgreich eine übereinstimmender Winkel festgestellt, kann zugleich der ausgefallene Injektor anhand der in dem ersten Speichermittel hinterlegten Werte beziehungsweise der Daten der Lookup-Tabelle identifiziert werden. Es wird dann in einem Schritt 19 der ausgefallene Injektor ausgegeben, und/oder es werden Maßnahmen ergriffen, wobei beispielsweise ein Warnhinweis an einen Fahrer oder Betreiber des Verbrennungsmotors ausgegeben wird, ein Aussetzen einer Bestromung des ausgefallenen Injektors durchgeführt wird, eine Leistung des Verbrennungsmotors reduziert wird und/oder der Verbrennungsmotor abgeschaltet wird.

Hiernach endet vorzugsweise das Verfahren in einem Schritt 21.

Wird in Schritt 5 ein initial ausgefallener Injektor erkannt, weil der initial erfasste Wert für den Betrag der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung größer als der vorherbestimmte Schwellenwert ist, schreitet das Verfahren nicht zu der Abfrage 7, sondern zu einem

Schritt 201 fort. In diesem Schritt wird, insoweit völlig analog zu der Vorgehensweise in Schritt 101, die Anzahl der Zylinder ermittelt, und einer Laufvariable wird der Wert 0 zugewiesen. Insoweit wird auf die Ausführungen zu Schritt 101 verwiesen.

Selbstverständlich sind in beiden Schritten 201, 101 abweichende Startwerte für die Laufvariable möglich. Es ist offensichtlich, wie das Verfahren dann zu modifizieren ist.

In einer Abfrage 203 wird analog zu der Abfrage 103 geprüft, ob die Laufvariable kleiner ist als die Anzahl der Zylinder. Dies ist typischerweise bei einem ersten Erreichen der Abfrage 203 der Fall, weil die Laufvariable zuvor in dem Schritt 201 auf den Wert 0 gesetzt wurde.

In einem Schritt 205 wird nun ein Injektor abgeschaltet, welcher dem aktuellen Wert der Laufvariable zugeordnet ist. Auch bezüglich der Zuordnung der Injektoren zu den Werten der Laufvariable wird auf die bereits in Zusammenhang mit der Abfrage 103 und den Schritten 105 bis 111 dargelegten Ausführungen verwiesen. Wesentlich ist, dass in dem Schritt 205 ausschließlich ein einziger Injektor gezielt abgeschaltet wird, welcher eindeutig dem aktuellen Wert der Laufvariable zugeordnet ist.

In einem Schritt 207 werden ein Betrag und ein Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung erfasst, die in dem Betriebszustand des Verbrennungsmotors mit dem aktuell abgeschalteten, dem aktuellen Wert der Laufvariable zugeordneten Injektor vorliegen.

In einer Abfrage 209 werden die so ermittelten, dem aktuellen Wert der Laufvariable zugeordneten Werte für den Betrag und den Winkel mit den initial in Schritt 3 ermittelten und gespeicherten Werten verglichen.

Stimmen diese Werte – gegebenenfalls innerhalb eines vorherbestimmten Toleranzbeziehungsweise Fehlerbereichs – überein, wurde offenbar versucht, den ohnehin ausgefallenen Injektor abzuschalten, denn es hat sich keine Änderung bezüglich der Werte ergeben, die der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung zugeordnet sind.

In diesem Fall springt das Verfahren zu dem Schritt 19, weil der initial ausgefallene Injektor erkannt wurde. Es werden dann vorzugsweise die bereits beschriebenen Maßnahmen eingeleitet, und das Verfahren endet in Schritt 21.

Stimmen dagegen in der Abfrage 209 die Werte, welche dem aktuellen Wert der Laufvariable zugeordnet sind, nicht mit den in Schritt 3 initial gemessenen Werten überein, wurde offenbar ein anderer, nicht ausgefallener Injektor abgeschaltet.

In diesem Fall wird in Schritt 211 der bei dem aktuellen Wert der Laufvariable abgeschaltete Injektor wieder eingeschaltet, und die Laufvariable wird in einem Schritt 213 um 1 hochgezählt, das heißt ihr Betrag wird um den Betrag 1 vergrößert. Das Verfahren springt dann zurück zu der Abfrage 203, in der wiederum geprüft wird, ob der aktuelle Wert der Laufvariable kleiner ist als die Anzahl der Zylinder. Es wird hier also eine Schleife verwirklicht, die so lange durchlaufen wird, bis entweder der initial ausgefallene Injektor identifiziert ist, oder bis alle Injektoren einzeln abgeschaltet wurden, ohne dass der ausgefallene Injektor identifiziert wurde. Nur in diesem letzten Fall wird in der Abfrage 203 überhaupt jemals festgestellt, dass die Laufvariable einen Wert annimmt, welcher der Anzahl der Zylinder entspricht. In allen anderen Fällen endet die Schleife vorher in der Abfrage 209, weil der ausgefallene Injektor identifiziert wurde, und das Verfahren daher in den Schritt 19 springt. Da in dem letzten Fall offenbar die Schleife fehlerhaft durchlaufen wurde, weil in der Abfrage 5 ein Injektorausfall festgestellt, aber daraufhin kein ausgefallener Injektor identifiziert wurde, springt das Verfahren dann in den Schritt 201 zurück, wo erneut die Anzahl der Zylinder ermittelt wird. Es folgt dann ein erneuter Durchlauf der Abfrage 203 beziehungsweise der Schritte 205 bis 209 oder auch 211, 213 so lange, bis der ausgefallene Injektor erfolgreich identifiziert wurde.

In Tabelle 1 sind beispielhaft Werte dargestellt, die zur Identifizierung von einzelnen Zylindern zugeordneten Injektoren in dem ersten Speichermittel gespeichert sein können. Insoweit ist Tabelle 1 ein Beispiel für eine Lookup-Tabelle. Die dargestellten Werte wurden für einen 12-Zylinder V-Motor gemessen und stellen insoweit Beispielwerte für die Bedatung einer Lookup-Tabelle dar. Anhand von Tabelle 1 soll lediglich verdeutlicht werden, dass es tatsächlich möglich ist, über den Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung eindeutig festzustellen, welcher Injektor ausgefallen ist. Es wird also deutlich, dass dieser Winkel tatsächlich eindeutig einen einzeln abgeschalteten beziehungsweise ausgefallenen Injektor charakterisiert.

Hierzu ist in der linken Spalte von Tabelle 1 der jeweilige Injektor über den ihm eindeutig zugeordneten Zylinder gekennzeichnet. Bei einem V-Motor unterscheidet man zwischen den beiden sich in einem geometrischen Winkel V-förmig gegenüberstehenden

Zylinderbänken, die durch die Buchstaben A und B bezeichnet werden. Die zwölf Zylinder sind demnach durchnummeriert mit den Bezeichnungen A1 bis A6 für die Zylinder der A-Bank und den Bezeichnungen B1 bis B6 für die Zylinder der B-Bank. Jedem Zylinder ist dabei genau ein Injektor zugeordnet. In der rechten Spalte sind die charakteristischen Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des fouriertransformierten Kurbelwinkelsignals für die in der linken Spalte bezeichneten, einzeln abgeschalteten Injektoren eingetragen.

Dabei zeigt sich, dass die einzelnen Werte der Winkel für die einzelnen Injektoren charakteristisch sind, sodass diese über die Winkelwerte eindeutig bestimmbar sind.

Tabelle 1

Injektor	Winkel [°]
A1	261.6
A2	141.7
A3	20
A4	200.6
A5	319.4
A6	81.5
B1	216.5
B2	96.9
B3	334.7
B4	156.1
B5	275.6
B6	36.1

Insgesamt zeigt sich, dass mithilfe des Verfahrens, des Motorsteuergeräts und des Systems eine einfache und rasche Injektorausfallerkennung möglich ist, wobei insbesondere eine Erkennung von defekten Injektoren während eines laufenden Betriebs des Verbrennungsmotors ohne Zylinderabschaltung, die den Betrieb stören könnte, möglich ist. Vielmehr müssen nur einmalig die einzelnen Injektoren sequentiell nacheinander abgeschaltet werden, um das erste Speichermittel mit Werten zu füllen beziehungsweise die Lookup-Tabelle zu bedaten. Es ist ohne Weiteres möglich, einen defekten Injektor zu individualisieren und damit auch gezielt auszutauschen. Weiterhin ist

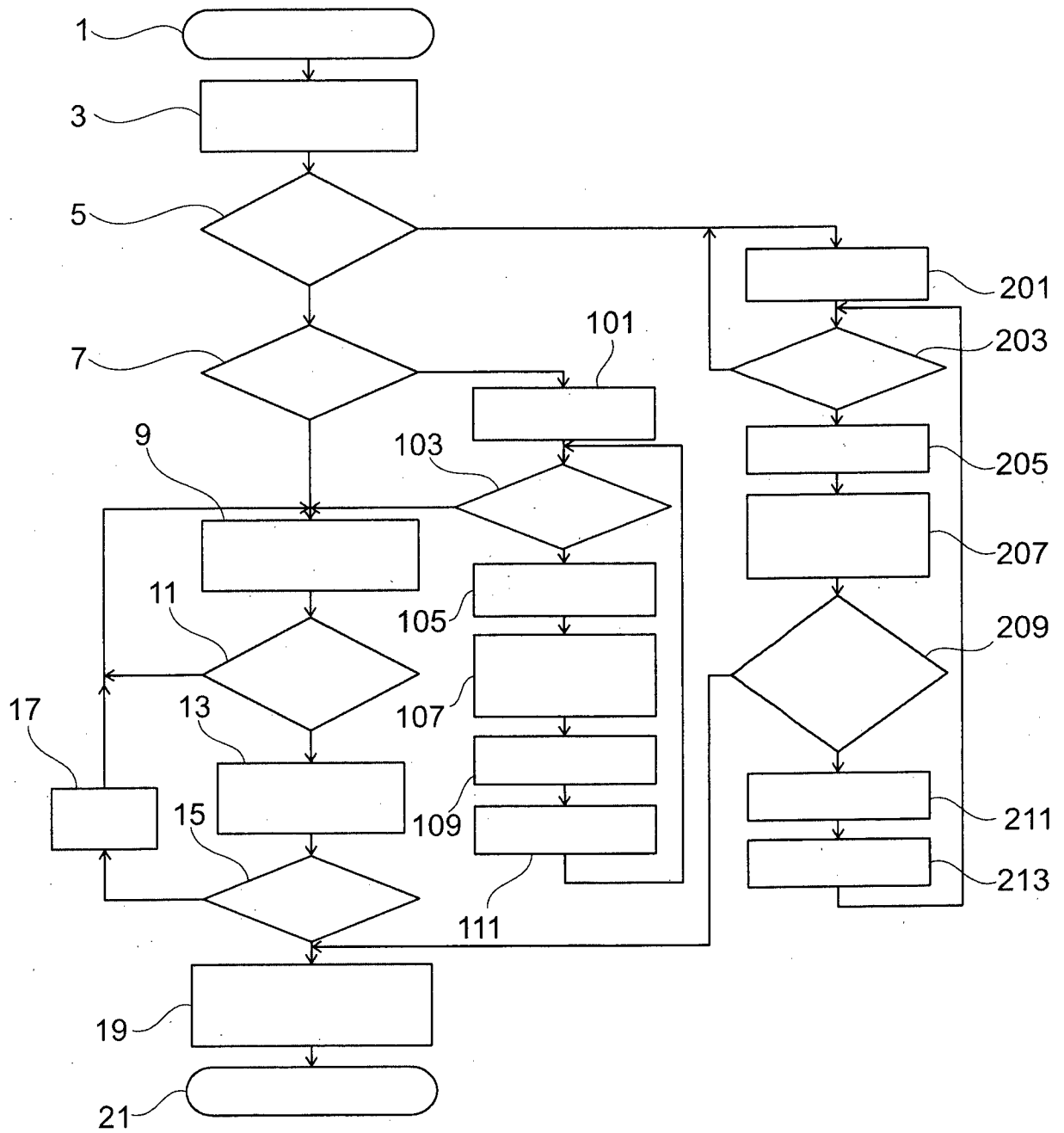
es nicht nötig, außerhalb eines normalen Betriebs des Verbrennungsmotors Testsequenzen zu fahren, da das Verfahren quasi eine Online-Überwachung im laufenden Motorbetrieb ermöglicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausfallerkennung von Injektoren in einem Verbrennungsmotor, mit folgenden Schritten: Messen eines Kurbelwinkelsignals; Transformieren des Kurbelwinkelsignals in den Frequenzbereich mittels diskreter Fouriertransformation; einmaliges, sequentielles Abschalten jedes Injektors; einmaliges, sequentielles Erfassen und Speichern eines Winkels der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des fouriertransformierten Kurbelwinkelsignals für jeden abgeschalteten Injektor; fortlaufendes Erfassen und Speichern eines Winkels und eines Betrags der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des fouriertransformierten Kurbelwinkelsignals; fortlaufendes Vergleichen des fortlaufend erfassten Betrags mit einem vorherbestimmten Schwellenwert, und Feststellen eines Injektorausfalls, wenn der Betrag den vorherbestimmten Schwellenwert überschreitet; Vergleichen des fortlaufend erfassten Winkels mit den für jeden abgeschalteten Injektor gespeicherten Winkeln, wenn ein Injektorausfall festgestellt wird, und Identifizieren des ausgefallenen Injektors mit einem Injektor, für den ein übereinstimmender, gespeicherter Winkel gefunden wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einmalig sequentiell erfassten Winkel in einer Lookup-Tabelle gespeichert werden.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das einmalige, sequentielle Erfassen und Speichern der Winkel für jeden abgeschalteten Injektor nach einem Start des Verbrennungsmotors oder nach einem Start des Verfahrens durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine Maßnahme ergriffen wird, wenn ein Injektorausfall festgestellt und ein ausgefallener Injektor identifiziert wird, wobei die Maßnahme ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus einer Ausgabe eines Warnhinweises an einen Fahrer oder Betreiber, einem Aussetzen einer Bestromung des ausgefallenen Injektors, einer Reduzierung einer Leistung des Verbrennungsmotors, und einem Abschalten des Verbrennungsmotors.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der fortlaufend erfasste Winkel und Betrag der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des Kurbelwinkelsignals initial gespeichert wird, wenn ein initialer Injektorausfall erkannt wird, bevor die Winkel für jeden abgeschalteten Injektor einmalig sequentiell erfasst und gespeichert wurden, insbesondere direkt nach einem Start des Verbrennungsmotors oder des Verfahrens, wobei in diesem Fall nach dem Erfassen und initialen Speichern des Winkels und des Betrags die Injektoren sequentiell nacheinander abgeschaltet werden, wobei für jeden abgeschalteten Injektor ein Betrag und ein Winkel der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des Kurbelwinkelsignals erfasst und mit den initial gespeicherten Werten verglichen werden, wobei ein initial ausgefallener Injektor identifiziert wird, wenn der für einen abgeschalteten Injektor erfasste Betrag und Winkel mit den initial gespeicherten Werten übereinstimmt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Maßnahme gemäß Anspruch 4 ergriffen wird, wenn ein initial ausgefallener Injektor identifiziert wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren durch ein Motorsteuergerät durchgeführt wird, wobei das Kurbelwinkelsignal durch einen Kurbelwellensensor erfasst wird, und wobei vorzugsweise das Motorsteuergerät zu Beginn des Verfahrens mittels eines Nockenwellensignals auf Arbeitstakte des Verbrennungsmotors synchronisiert wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren in einem Betriebspunkt des Verbrennungsmotors unter Last oder im Leerlauf durchgeführt wird.

9. Motorsteuergerät für einen Verbrennungsmotor, eingerichtet zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8.
10. System zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, mit einem Erfassungsmittel, vorzugsweise einem Kurbelwellensensor, ausgebildet zur Messung eines Kurbelwinkelsignals; einem Transformationsmittel, ausgebildet zur Transformation des Kurbelwinkelsignals in den Frequenzbereich mittels diskreter Fouriertransformation; einem Schaltmittel, ausgebildet zum sequentiellen Abschalten von Injektoren des Verbrennungsmotors; einem ersten Speichermittel, ausgebildet zum Erfassen und Speichern eines Winkels der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des Kurbelwinkelsignals für jeden abgeschalteten Injektor; einem zweiten Speichermittel, ausgebildet zum fortlaufenden Erfassen und Speichern eines Winkels und eines Betrags der Harmonischen der 0,5-ten Ordnung des Kurbelwinkelsignals; einem ersten Vergleichsmittel, ausgebildet zum fortlaufenden Vergleichen des in dem zweiten Speichermittel gespeicherten Betrags mit einem vorherbestimmten Schwellenwert, wobei das erste Vergleichsmittel so ausgebildet ist, dass es einen Injektorausfall feststellt, wenn der Betrag den vorherbestimmten Schwellenwert überschreitet, sowie einem zweiten Vergleichsmittel, ausgebildet zum Vergleichen des in dem zweiten Speichermittel gespeicherten Winkels mit jedem der in dem ersten Speichermittel gespeicherten Winkel, wenn ein Injektorausfall vorliegt, wobei das zweite Vergleichsmittel so ausgebildet ist, dass es einen ausgefallenen Injektor mit dem Injektor identifiziert, für den ein übereinstimmender, in dem ersten Speichermittel gespeicherter Winkel gefunden wird.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/002993

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02D41/00 F02D41/22 F02D41/28 F02D41/30 F02D41/24
ADD.

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)

F02D G01M

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	DE 102 35 665 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC [DE]) 12 February 2004 (2004-02-12)	1-3,5-10
Y	paragraph [0019] paragraph [0046] paragraph [0048] paragraph [0050] paragraph [0010] paragraph [0052] paragraph [0067]	4
Y	----- WO 2008/140404 A1 (SCANIA CV ABP [SE]; VOELCKER BJOERN [SE]) 20 November 2008 (2008-11-20)	4
A	page 6, lines 12-13; figure 1a page 13, lines 1-3 figure 1b ----- -/-	1-3,5-10



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

6 February 2014

Date of mailing of the international search report

13/02/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Spicq, Alexandre

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/002993

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2008 032174 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC [DE]) 23 July 2009 (2009-07-23) the whole document -----	1-10
A	DE 10 2006 056860 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC [DE]) 5 June 2008 (2008-06-05) the whole document -----	1-10
A	US 5 303 158 A (KURODA SHIGETAKA [JP]) 12 April 1994 (1994-04-12) cited in the application the whole document -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/002993

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10235665 A1	12-02-2004	DE 10235665 A1	12-02-2004
		EP 1525382 A1	27-04-2005
		US 2005229904 A1	20-10-2005
		WO 2004016930 A1	26-02-2004
WO 2008140404 A1	20-11-2008	SE 0701120 A	10-11-2008
		WO 2008140404 A1	20-11-2008
DE 102008032174 A1	23-07-2009	NONE	
DE 102006056860 A1	05-06-2008	DE 102006056860 A1	05-06-2008
		DE 112007002418 A5	13-08-2009
		EP 2094960 A2	02-09-2009
		JP 2010511118 A	08-04-2010
		US 2010063711 A1	11-03-2010
		WO 2008064659 A2	05-06-2008
US 5303158 A	12-04-1994	JP 2843871 B2	06-01-1999
		JP H0419344 A	23-01-1992
		US 5303158 A	12-04-1994

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F02D41/00	F02D41/22
	F02D41/28	F02D41/30
	F02D41/24	
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
F02D G01M		
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	DE 102 35 665 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC [DE]) 12. Februar 2004 (2004-02-12)	1-3,5-10
Y	Absatz [0019] Absatz [0046] Absatz [0048] Absatz [0050] Absatz [0010] Absatz [0052] Absatz [0067]	4
Y	----- WO 2008/140404 A1 (SCANIA CV ABP [SE]; VOELCKER BJOERN [SE]) 20. November 2008 (2008-11-20)	4
A	Seite 6, Zeilen 12-13; Abbildung 1a Seite 13, Zeilen 1-3 Abbildung 1b ----- -/-	1-3,5-10
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. Februar 2014		13/02/2014
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 Spicq, Alexandre

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2008 032174 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC [DE]) 23. Juli 2009 (2009-07-23) das ganze Dokument -----	1-10
A	DE 10 2006 056860 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC [DE]) 5. Juni 2008 (2008-06-05) das ganze Dokument -----	1-10
A	US 5 303 158 A (KURODA SHIGETAKA [JP]) 12. April 1994 (1994-04-12) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/002993

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10235665 A1	12-02-2004	DE 10235665 A1	12-02-2004
		EP 1525382 A1	27-04-2005
		US 2005229904 A1	20-10-2005
		WO 2004016930 A1	26-02-2004
WO 2008140404 A1	20-11-2008	SE 0701120 A	10-11-2008
		WO 2008140404 A1	20-11-2008
DE 102008032174 A1	23-07-2009	KEINE	
DE 102006056860 A1	05-06-2008	DE 102006056860 A1	05-06-2008
		DE 112007002418 A5	13-08-2009
		EP 2094960 A2	02-09-2009
		JP 2010511118 A	08-04-2010
		US 2010063711 A1	11-03-2010
		WO 2008064659 A2	05-06-2008
US 5303158 A	12-04-1994	JP 2843871 B2	06-01-1999
		JP H0419344 A	23-01-1992
		US 5303158 A	12-04-1994