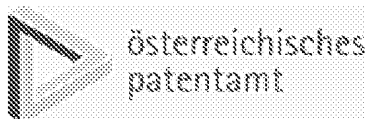


(19)



(10) **AT 517858 A2 2017-05-15**

(12)

## Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 386/2016  
(22) Anmeldetag: 22.08.2016  
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2017

(51) Int. Cl.: **G01M 15/11** (2006.01)  
**G01L 23/22** (2006.01)  
**F02D 35/02** (2006.01)

(30) Priorität:  
31.10.2015 DE 102015014188.0 beansprucht.

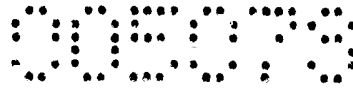
(71) Patentanmelder:  
MAN Diesel & Turbo SE  
86153 Augsburg (DE)

(72) Erfinder:  
Peters Stefan  
86179 Augsburg (DE)  
Bachmann Matthias  
86753 Möttingen (DE)  
Blasberg Sebastian  
86157 Augsburg (DE)

(74) Vertreter:  
Beer & Partner Patentanwälte KG  
Wien

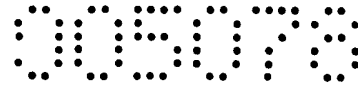
(54) **Projektierungstool für einen Gasmotor oder einen Dual-Fuel-Motor und Verfahren zur Parametrierung desselben**

(57) Projektierungstool für einen Gasmotor oder einen Dual-Fuel- Motor, nämlich zur Bestimmung eines unter definierten Betriebsbedingungen des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors zu erwartenden Betriebsverhaltens des Gasmotors oder des Dual-Fuel- Motors, mit einem Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug, welches die unter definierten Betriebsbedingungen des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors im Gasbetrieb bestimmt.



### Zusammenfassung:

Projektierungstool für einen Gasmotor oder einen Dual-Fuel-Motor, nämlich zur Bestimmung eines unter definierten Betriebsbedingungen des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors zu erwartenden Betriebsverhaltens des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors, mit einem Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug, welches die unter definierten Betriebsbedingungen des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors im Gasbetrieb bestimmt.



Die Erfindung betrifft ein Projektierungstool für einen Gasmotor oder einen Dual-Fuel-Motor. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Parametrierung eines Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeugs eines solchen Projektierungstools.

Ein Gasmotor oder ein im Gasbetrieb betriebener Dual-Fuel-Motor verbrennt Gas, insbesondere Erdgas, in einem relativ schmalen Betriebsfenster zwischen einer sogenannten Aussetzergrenze und einer sogenannten Klopfgrenze des Motors. Wird am Motor Klopfen erkannt, so wird entweder der Betriebspunkt mit dem Nachteil einer Verbrauchserhöhung verstellt oder es wird die Motorleistung reduziert. Für einen Gasmotor oder einen Dual-Fuel-Motor, der insbesondere in Stationärprojekten betrieben wird, ist bei der Projektierung eine zuverlässige Vorhersage einer unter definierten Betriebsbedingungen des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors erwartenden Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors von Vorteil, um Kunden bereits im Vorfeld zuverlässige Angaben über eine zu erwartende Leistung des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors bzw. einen zu erwartenden Verbrauch des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors zu Verfügung stellen zu können. Bislang sind keine Projektierungstools für einen Gasmotor oder einen Dual-Fuel-Motor bekannt, mit Hilfe derer eine zu erwartende Klopfintensität für definierte Betriebsbedingungen vorhergesagt werden kann.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein neuartiges Projektierungstool für einen Gasmotor oder einen Dual-Fuel-Motor und ein Verfahren zur Parametrierung des Projektierungstools zu schaffen.

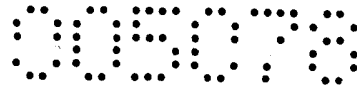
Diese Aufgabe wird durch ein Projektierungstool für einen Gasmotor oder einen Dual-Fuel-Motor nach Anspruch 1 gelöst. Das erfindungsgemäße Projektierungstool weist ein



Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug auf, welches die unter definierten Betriebsbedingungen des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors im Gasbetrieb bestimmt. Das erfindungsgemäße Projektierungstool umfasst ein Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug, welches unter definierten Betriebsbedingungen zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors im Gasbetrieb bestimmt und so bereits im Projektierungsstadium eine zuverlässige Vorhersage über einen Kraftstoffverbrauch sowie eine Leistung des Motors zulässt, sodass derselbe ohne Klopfen betrieben werden kann.

Vorzugsweise bestimmt das Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug abhängig von einer oder mehreren der Betriebsbedingungen Umgebungstemperatur, Umgebungsdruck, Umgebungsfeuchte, Abgasgegendruck, Ladeluftdruck, Ladelufttemperatur, Zündzeitpunkt und Methanzahl des Gases die zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors im Gasbetrieb bestimmt. Hiermit ist eine besonders vorteilhafte Vorhersage der Klopfintensität möglich.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst das Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug eine für den Typ des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors bzw. die Baureihe des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors parametrisierte Formel oder ein parametrisiertes Kennfeld, die bzw. das als Eingangsgrößen Umgebungstemperatur und/oder Umgebungsdruck und/oder Umgebungsfeuchte und/oder Abgasgegendruck und/oder Ladeluftdruck und/oder Ladelufttemperatur und/oder Zündzeitpunkt und/oder Methanzahl des Gases nutzt und als Ausgangsgröße die zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors im Gasbetrieb ausgibt. Die Formel oder das Kennfeld ist unter Verwendung von Messergebnissen parametrisiert, die an einen typgleichen oder baureihengleichen Versuchsmotor messtechnisch



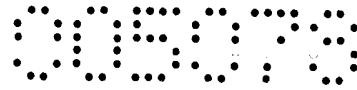
ermittelt wurden. Diese Ausbildung ermöglicht eine besonders vorteilhafte Vorhersage der Klopfintensität.

Das Verfahren zur Parametrierung eines Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeugs eines solchen Projektierungstools ist in Anspruch 5 definiert.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Die hier vorliegende Erfindung betrifft ein Projektierungstool für einen Gasmotor oder einen Dual-Fuel-Motor für den Gasbetrieb desselben. Derartige Motoren werden beim Verbrennen von Gas, wie zum Beispiel Erdgas, in einem schmalen Betriebsfenster zwischen einer sogenannten Aussetzergrenze und einer sogenannten Klopfgrenze betrieben. Es ist von Vorteil, bereits während der Projektierung eines Gasmotors oder eines Dual-Fuel-Motors, der insbesondere in Stationärprojekten zum Einsatz kommt, eine unter definierten Betriebsbedingungen des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors zu bestimmen, um abhängig hiervon die vom Gasmotor oder Dual-Fuel-Motor bereitstellbare Leistung und/oder den Kraftstoffverbrauch des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors vorherzusagen.

Das erfindungsgemäße Projektierungstool für einen Gasmotor oder einen Dual-Fuel-Motor umfasst ein Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug. Das Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug des erfindungsgemäßen Projektierungstools bestimmt die unter definierten Betriebsbedingungen des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors. Hierdurch ist es möglich, die von einem Gasmotor oder Dual-Fuel-Motor im Gasbetrieb bereitstellbare Leistung und/oder den Kraftstoffverbrauch des Motors

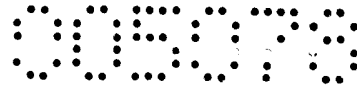


vorherzusagen, nämlich unter Einhaltung der Klopfgrenze des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors.

Das Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug des erfindungsgemäßen Projektierungstools bestimmt abhängig vom Umgebungsdruck und/oder der Umgebungstemperatur und/oder der Umgebungsfeuchte und/oder vom Abgasgegendruck und/oder vom Ladeluftdruck und/oder von der Ladelufttemperatur und/oder vom Zündzeitpunkt und/oder von der Methanzahl des zu verbrennenden Gases die zu erwartende Klopfintensität des Motors. Dies erfolgt typischerweise über ein Kennfeld oder eine vorzugsweise polynomische Formel.

Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, dass das Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug des erfindungsgemäßen Projektierungstools eine für den Typ des Gasmotors oder den Typ des Dual-Fuel-Motors bzw. eine für die Baureihe des Gasmotors oder die Baureihe des Dual-Fuel-Motors parametrisierte Formel oder ein parametrisiertes Kennfeld umfasst, wobei die Formel bzw. das Kennfeld als Eingangsgrößen die Umgebungstemperatur und/oder den Umgebungsdruck und/oder die Umgebungsfeuchte und/oder den Abgasgegendruck und/oder die Ladelufttemperatur und/oder den Ladeluftdruck und/oder den Zündzeitpunkt und/oder die Methanzahl des Gases nutzt und als Ausgangsgröße die zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors im Gasbetrieb ausgibt. Die Formel oder das Kennfeld des Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeugs ist vorzugsweise unter Verwendung von Messergebnissen parametrisiert, die an einem zum projektierenden Motor typgleichen oder baureihengleichen Versuchsmotor messtechnisch ermittelt wurden.

Zur Parametrierung des Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeugs des erfindungsgemäßen Projektierungstools wird so vorgegangen, dass der Versuchsmotor, der typgleich bzw. baureihengleich zum zu projektierenden Motor ist, unter definierten Betriebsbedingungen betrieben wird, nämlich unter einer definierten

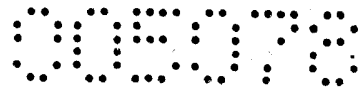


Umgebungstemperatur und/oder unter definierten Umgebungsdruck und/oder unter definierter Umgebungsfeuchte und/oder unter definiertem Abgasgegendruck und/oder unter definiertem Ladelufttemperatur und/oder unter definierter Ladeluftdruck und/oder unter definiertem Zündzeitpunkt und/oder unter definierter Methanzahl des zu verbrennenden Gases.

Bei diesem Betrieb des als Versuchsmotor dienenden typgleichen oder baureihengleichen Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors unter den definierten Betriebsbedingungen wird mit Hilfe eines Klopfensors die sich ausbildende Klopfintensität des Versuchsmotors messtechnisch erfasst. Anschließend wird abhängig von den definierten Betriebsbedingungen des Versuchsmotors und der hierbei messtechnisch erfassten Klopfintensität desselben das Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug des Projektierungstools parametrisiert, nämlich über Algorithmen wie z.B. statistische Algorithmen.

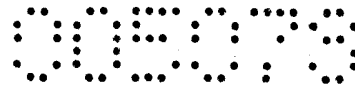
Die definierten Betriebsbedingungen, unter welchen der Versuchsmotor zur messtechnischen Erfassung der Klopfintensität betrieben wird, werden mit Hilfe einer statistischen Versuchsplanung festgelegt, um die Betriebsbedingungen für den Versuchsmotor und damit für die Parametrierung des Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeugs so zu bestimmen, dass für solche Betriebsbedingungen, die einen großen Einfluss auf die Klopfintensität haben, möglichst viele zuverlässige Messergebnisse vorliegen.

Bei der Erfassung der Klopfintensität kann weiterhin gleichzeitig ein Kraftstoffverbrauch des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors und/oder eine Abgasemission des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors und/oder eine abgegebene Leistung des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors messtechnisch erfasst werden, um eine Korrelation zwischen den messtechnisch erfassten Größen zu gewinnen und zur Projektierung zu nutzen.



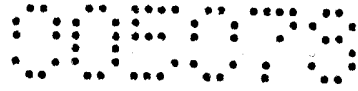
Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Projektierungstools können insbesondere in Stationärprojekten betriebene Gasmotoren oder Dual-Fuel-Motoren zuverlässige Voraussagen über das Betriebsverhalten des jeweiligen Motors gewonnen werden, insbesondere über die zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors sowie über den zu erwartenden Kraftstoffverbrauch und die bereitstellbare Motorleistung des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors.

Ergibt sich bei der Projektierung, dass unter definierten Betriebsbedingungen die Klopfgrenze des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors überschritten wird, so muss die Motoreinstellung des zu projektierenden Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors angepasst werden, entweder durch Verringerung der Motorleistung oder durch Erhöhung des Gasverbrauchs. So kann bereits während der Projektierung ein Gasmotor oder ein Dual-Fuel-Motor optimal ausgelegt werden. Kunden können zuverlässige Informationen über das zu erwartende Betriebsverhalten des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors im Feld bereitgestellt werden.



## Patentansprüche:

1. Projektierungstool für einen Gasmotor oder einen Dual-Fuel-Motor, nämlich zur Bestimmung eines unter definierten Betriebsbedingungen des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors zu erwartenden Betriebsverhaltens des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors, gekennzeichnet durch ein Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug, welches die unter definierten Betriebsbedingungen des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors im Gasbetrieb bestimmt.
2. Projektierungstool nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug abhängig von einer oder mehreren der Betriebsbedingungen Umgebungstemperatur, Umgebungsdruck, Umgebungsfeuchte, Abgasgegendruck, Ladeluftdruck, Ladelufttemperatur, Zündzeitpunkt und Methanzahl des Gases die zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors im Gasbetrieb bestimmt.
3. Projektierungstool nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeug eine für den Typ des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors oder die Baureihe des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors parametrisierte Formel oder ein parametrisiertes Kennfeld umfasst, die bzw. das als Eingangsgrößen Umgebungstemperatur und/oder Umgebungsdruck und/oder Umgebungsfeuchte und/oder Abgasgegendruck und/oder Ladeluftdruck und/oder Ladelufttemperatur und/oder Zündzeitpunkt und/oder Methanzahl des Gases nutzt und als Ausgangsgröße die zu erwartende Klopfintensität des Gasmotors oder des Dual-Fuel-Motors im Gasbetrieb ausgibt.



4. Projektierungstool nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Formel oder das Kennfeld unter Verwendung von Messergebnissen parametriert ist, die an einen typgleichen oder baureihengleichen Versuchsmotor messtechnisch ermittelt wurden.
5. Verfahren zur Parametrierung eines Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeugs eines Projektierungstools nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Versuchsmotor unter definierten Betriebsbedingungen, insbesondere unter definierter Umgebungstemperatur und/oder definiertem Umgebungsdruck und/oder definierter Umgebungsfeuchte und/oder definiertem Abgasgegendruck und/oder definiertem Ladeluftdruck und/oder definierter Ladelufttemperatur und/oder definiertem Zündzeitpunkt und/oder definierter Methanzahl des Gases betrieben wird, hierbei mit Hilfe eines Klopfensors die Klopfintensität des Versuchsmotors messtechnisch erfasst wird, abhängig von den definierten Betriebsbedingungen und den entsprechenden Klopfintensitäten das Klopfintensitätsvorhersage-Werkzeugs parametriert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die definierten Betriebsbedingungen, unter welchen der Versuchsmotor betrieben wird, mit Hilfe einer statistischen Versuchsplanung festgelegt werden.