

(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  
19. August 2010 (19.08.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2010/091902 A1

PCT

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H01L 41/113 (2006.01) F02D 41/20 (2006.01)*  
*H01L 41/04 (2006.01) F02M 51/06 (2006.01)*
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/050030
- (22) Internationales Anmeldedatum: 5. Januar 2010 (05.01.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2009 000 741.5 10. Februar 2009 (10.02.2009) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TONNER, Erik [DE/DE]; Fasanenweg 12, 70839 Gerlingen (DE). BARNICKEL, Kai [DE/DE]; Trautaeckerstr. 7, 70567 Stuttgart (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A NEEDLE CLOSING IN A PIEZO INJECTOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES NADELSCHLIESSENS BEI EINEM PIEZOINJEKTOR

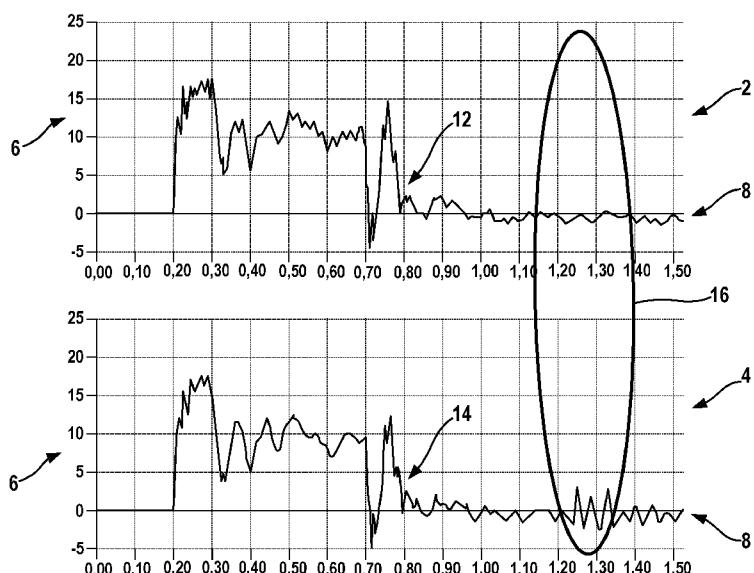


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a needle closing of a valve needle (88) that is activated by a piezo actuator, wherein a signal of a voltage on the piezo actuator is measured and the needle closing is verified from a gradient (56, 58, 60, 62) of the signal. In addition, the invention relates to an assembly for determining a needle closing, to a computer program and to a computer program product.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Nadelabschlusses einer Ventilnadel (88), die von einem Piezoaktor angesteuert wird, bei dem ein Signal einer an dem Piezoaktor anliegenden Spannung gemessen und das Nadelabschließen aus einem Verlauf (56, 58, 60, 62) des Signals nachgewiesen wird. Außerdem betrifft die Erfindung eine Anordnung zum Bestimmen eines Nadelabschlusses, ein Computerprogramm und ein Computerprogrammprodukt.

WO 2010/091902 A1

5

## Beschreibung

## Titel

VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES NADELSCHLIESSENS BEI  
EINEM PIEZOINJEKTOR

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Nadel schließens, eine Anordnung zum Bestimmen eines Nadel schließens, ein Computerprogramm und ein Computerprogrammprodukt.

## Stand der Technik

15

Ein Piezoinjektor, der einen Piezoaktor und ein Ventilelement umfasst, ist zur Umsetzung einer Kraftstoff-Einspritzung in einem Motor ausgebildet. Während eines Einspritzvorgangs werden unterschiedliche Teilstufen, z. B. Öffnen und Schließen, des Ventilelements umgesetzt. Diese Teilstufen können sensortisch erfasst werden.

20

So ist ein Verfahren zum Ermitteln eines Endzeitpunkts einer Kraftstoffeinspritzung eines Kraftstoffinjektors bekannt, der ein von einem Piezoaktor angesteuertes Ventilelement und einen mit dem Piezoaktor mechanisch gekoppelten Piezosensor aufweist. In einem Schritt des Verfahrens wird ein Sensorsignal des Piezosensors erfasst. Aus diesem Sensorsignal wird ein durch ein Schließen des Ventilelements hervorgerufenes Schallsignal und aus dem Schallsignal der Schließzeitpunkt des Ventilelements ermittelt. Der Schließzeitpunkt der Düsen nadel wird bisher bzw. in vorherigen Untersuchungen mit dem Piezosensor erfasst, was jedoch zusätzliche Kosten verursacht, da hierzu zwei elektrische Leitungen aus dem Kraftstoffinjektor heraus in das Steuergerät geführt werden müssen, weiterhin sind zwei Steuergerätepins pro Kraftstoffinjektor erforderlich.

## Offenbarung der Erfindung

35

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Nadelschließens einer Ventilnadel eines Einspritzventils, dessen Stellglied als Piezoaktor ausgebildet ist, wobei die Ventilnadel von dem Piezoaktor angesteuert wird. Hierbei wird ein Signal einer an dem Piezoaktor anliegenden Spannung gemessen und das Nadelschließen aus einem Verlauf des Signals nachgewiesen.

5

Bei einer Umsetzung des Verfahrens wird untersucht, ob der Verlauf des Signals ein charakteristisches Merkmal, typischerweise ein Maximum, einen Knick oder einen Ausschlag, der auf das Nadelschließen hinweist, aufweist. Somit ist eine Detektion des Nadelschließens anhand der gemessenen Spannung des Piezoaktors möglich.

10

Über den Verlauf der Spannung kann ein beim Schließen der Ventilnadel verursachter Körperschall bzw. ein entsprechendes Schallsignal nachgewiesen werden. Mit der Erfindung ist die Erkennung des Körperschalls, der durch das Schließen der Ventilnadel bzw. einer Düsenadel erzeugt wird, über das Signal der Spannung an dem Piezoaktor möglich, wobei dieses Signal ausgewertet wird. Somit wird bei einer Ausführung des Verfahrens ein physikalischer Effekt, der das Signal der Spannung beeinflusst, nachgewiesen.

15

In Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Ventilnadel in einer Düse angeordnet ist, wobei die Bewegung der Ventilnadel von dem Piezoaktor über mindestens ein Ventilelement gesteuert wird. In diesem Fall wird die Ventilnadel von dem Piezoaktor indirekt gesteuert. Es ist jedoch auch eine direkte Ansteuerung der Ventilnadel durch den Piezoaktor möglich. Bei einem möglichen Ablauf dehnt sich der Piezoaktor in einem als sog. Servoventil ausgebildeten Einspritzventil aus, dadurch werden an einer Ober- und Unterseite der Ventilnadel Druckunterschiede bewirkt, durch die weiterhin eine Hin- und Herbewegung der Ventilnadel hervorgerufen wird.

25

30

Bei einem Betrieb wird der Piezoaktor mit einem Strom angesteuert. Durch diesen Strom wird der Piezoaktor geladen und weiterhin das Ventil durch Bewegen einer Ventilnadel geöffnet. Durch Entladen des Piezoaktors wird die Ventilnadel wieder geschlossen. Der Verlauf des Signals der Spannung wird bei Durchführung des Verfahrens in einem Bereich nach einer erfolgten Ansteuerung des Pie-

35

zoaktors durch den Strom, nachdem die Spannung auf einen Wert nahe 0 Volt abgesunken ist, untersucht. Üblicherweise ist der Verlauf des Signals durch den fließenden Strom bedingt. Das im Rahmen des Verfahrens zu detektierende Merkmal, das auf das Nadelschließen hinweist, wird jedoch nicht durch den beschriebenen Strom angeregt. Dieses Merkmal in dem Verlauf des Signals der Spannung des Piezoaktors wird durch den Körperschall der Ventilnadel beim Nadelschließen bewirkt.

Im Rahmen einer Auswertung des Verlaufs des Signals kann das Signal aufbereitet werden. Bei dieser Auswertung kann auf das Signal eine Bandpassfilterung mit Eckfrequenzen angewandt werden, so dass dadurch bestimmte Frequenzen des Signals bspw. durch eine Tiefpass- oder Hochpassfilterung, gefiltert werden. Außerdem kann das Signal bzw. ein Verlauf des Signals bei der Auswertung quadriert und ergänzend aufsummiert werden. Alternativ oder ergänzend ist es möglich, zur Auswertung eine Rechenvorschrift zu verwenden. Bei dieser Rechenvorschrift werden für mehrere Paare von Geraden bzw. Sekanten, die durch je zwei Messpunkte des Verlaufs gelegt werden, die Steigungen ermittelt und jeweils für ein Paar der Geraden die Differenz der ermittelten Steigungen gebildet.

Bei der Auswertung mit dieser Rechenvorschrift werden bei einem Verlauf bzw. einer Kurve des Signals an mehreren Paaren von Messpunkten pro Messpunkt jeweils eine Gerade bzw. Sekante angelegt. Die Messpunkte müssen zeitlich nicht unmittelbar aufeinander folgen. Es ist in einer Ausgestaltung möglich, dass eine erste Gerade eines Paars durch einen m-ten Messpunkt und einen m-k-ten Messpunkt verläuft, eine zweite Gerade dieses Paars verläuft durch einen n-ten Messpunkt und einen n+k-ten Messpunkt, wobei  $n > m$ , bspw.  $n = m + 1$  ist. Die Geraden erstrecken sich somit entlang von k Messpunkten, wobei k mindestens zwei ist. Ein Wert für k kann je nach erforderlicher Messgenauigkeit beliebig gewählt werden. Es hat sich erwiesen, dass es ausreichend sein kann, wenn k eine einstellige Zahl, bspw. 5, ist. Aus den Steigungen der beiden Geraden durch den m-ten Messpunkt und den n-ten Messpunkt wird weiterhin eine Differenz aus den Steigungen der beiden Geraden berechnet. Es können mehrere aufeinanderfolgende Differenzen für Steigungen jeweils eines Paars von Geraden gebildet werden, bspw. für ein erstes Paar für den m-ten und n-ten Messpunkt, für ein zweites Paar eines m + 1-ten Messpunkts und eines n + 1-ten Messpunkts usw.,

ein p-tes Paar von Geraden wird im m + p - 1-ten und n + p – 1-ten Messpunkt angelegt. In diesem Fall ist es möglich, p Werte für Differenzen von Steigungen jeweils eines Paars von Geraden zu bilden. Unter diesen p Werten wird ein maximaler Wert ermittelt, der als Maximum auf das charakteristische Merkmal hinweist.

5

Bei der Auswertung kann das Signal bzw. dessen Verlauf durch mehrere voranstehend genannte mathematische Schritte, die auf das Signal nacheinander angewandt werden können, bearbeitet werden.

10

In Ausgestaltung erfolgt zunächst die Bandpassfilterung für vorgegebene Frequenzen, eine Quadrierung dieses bereits frequenziell gefilterten Signals, danach eine Aufsummierung des quadrierten Signals und abschließend eine Anwendung der voranstehend beschriebenen Rechenvorschrift auf das aufsummierte Signal. 15 Diese Reihenfolge kann auch variieren, außerdem müssen nicht alle genannten Bearbeitungsschritte durchgeführt werden.

15

Mit dem Verfahren kann u. a. ein Zeitpunkt des Nadelschließens bestimmt werden.

20

Die Erfindung betrifft auch eine Anordnung zum Bestimmen eines Nadelschließens einer Ventilnadel, die von einem Piezoaktor angesteuert wird. Diese Anordnung ist dazu ausgebildet, ein Signal einer an dem Piezoaktor anliegenden Spannung zu messen und das Nadelschließen aus einem Verlauf des Signals nachzuweisen.

25

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Ventilnadel in einer Düse angeordnet und wird von dem Piezoaktor über mindestens ein Ventilelement gesteuert. Üblicherweise wirkt das mindestens eine Ventilelement mit der Ventilnadel und/oder der Düse zusammen. Bei dem Nadelschließen, bei dem sich die Ventilnadel relativ zu der Düse in eine Schließposition bewegt, wird durch die Ventilnadel und/oder die Düse ein Körperschall bzw. Schallsignal erzeugt, der bzw. das über das mindestens eine Ventilelement an den Piezoaktor übertragen wird. Alternativ ist es auch möglich, dass die Ventilnadel von dem Piezoaktor direkt angesteuert wird. Hier ist bspw. vorgesehen, dass durch den Piezoaktor das Einspritzventil

30

35

betätigt wird. Dadurch entstehen Druckunterschiede zwischen einem Düsennadelsitz und dem oberen Teil der Ventilnadel. Diese Druckunterschiede führen zu dem Öffnen der Ventilnadel.

5 Die beschriebene Anordnung ist dazu vorgesehen, sämtliche Schritte des vorgestellten Verfahrens durchzuführen. Dabei können einzelne Schritte dieses Verfahrens auch von einzelnen Komponenten der Anordnung durchgeführt werden. Weiterhin können Funktionen der Anordnung oder Funktionen von einzelnen Komponenten der Anordnung als Schritte des Verfahrens umgesetzt werden.

10 Außerdem ist es möglich, dass Schritte des Verfahrens als Funktionen einzelner Komponenten der Anordnung oder der gesamten Anordnung realisiert werden.

15 Die Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle Schritte eines beschriebenen Verfahrens durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer erfindungsgemäßen Anordnung, ausgeführt wird.

20 Das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, ist zum Durchführen aller Schritte eines beschriebenen Verfahrens ausgebildet, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer erfindungsgemäßen Anordnung, ausgeführt wird.

25 Üblicherweise wird durch das Nadelschließen eines Piezoinjektors, der zum Beaufschlagen eines Ventilelements eines Verbrennungsmotors ausgebildet ist, ein Körperschall erzeugt, der mit Hilfe eines in einen Piezoaktor des Piezoinjektors integrierten Sensors und einer geeigneten Signalverarbeitung zeitlich erfasst werden kann. Durch den in den Piezoaktor integrierten Sensor entstehen jedoch bei der Aktorfertigung und somit bei der Injektorfertigung sowie im Steuergerät zusätzliche Kosten. Die Kosten setzen sich aus einem Teil der Sensorintegration und zum Teil aus der elektrischen Kontaktierung des Sensors zusammen. Mit der Erfindung können diese Kosten vermieden werden.

35 Mit der Erfindung ist die Detektion des Nadelschließzeitpunkts aus der Spannung, die an dem Piezoaktor anliegt, möglich, somit kann der beim Stand der

Technik verwendete Sensoreffekt direkt am Piezoaktor nachgewiesen werden. Die Erfindung ist bspw. für Injektoren für Speichereinspritzungen, sog. Common-Rail-Injektoren, die Piezoaktoren und Ventilelemente umfassen, geeignet.

5 Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

10 Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

15 Figur 1 zeigt zwei Beispiele für Diagramme mit Betriebsparametern zum Vergleich unterschiedlicher Betriebsbedingungen eines Ventilelements.

20 Figur 2 zeigt zwei weitere Beispiele für Diagramme, dabei ist in einem ersten Diagramm ein Verlauf eines Signals für eine an einem Piezoaktor anliegende Spannung und in dem zweiten Diagramm ein Verlauf eines Signals für einen Sensor dargestellt.

25 Figur 3 zeigt Beispiele mehrerer Diagramme zum Vergleich von Betriebsparametern, die bei Umsetzung einer aus dem Stand der Technik bekannten Vorgehensweise mittels eines Sensors erfasst werden, mit Betriebsparametern, die im Rahmen einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bereitgestellt werden.

30 Figur 4 zeigt in schematischer Darstellung eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung, die zur Umsetzung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist.

#### Ausführungsformen der Erfindung

Die Erfindung ist anhand von Ausführungsformen in den Zeichnungen schematisch dargestellt und wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben.

5 Die Figuren werden zusammenhängend und übergreifend beschrieben, gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Komponenten.

In den in Figur 1 gezeigten Diagrammen 2, 4 ist jeweils eine vertikal orientierte Achse 6 für eine Spannung über einer Zeitachse 8 aufgetragen.

10 Das erste Diagramm 2 zeigt einen ersten Verlauf 12 einer Spannung, die von einem Sensormodul, das einem Piezoaktor zugeordnet ist, gemessen wird. Es ist vorgesehen, dass dieser Piezoaktor zum Betätigen einer Düse mit einer Ventilnadel über ein Ventilelement eines Verbrennungsmotors ausgebildet ist. Die Ventilnadel wird durch den Piezoaktor über das Ventilelement indirekt beaufschlagt und dadurch hin- und herbewegt und somit geöffnet und geschlossen.  
15 Der erste Verlauf 12 der Spannung wurde bei einer inaktiven Düsennadel erfasst, wohingegen der zweite Verlauf 14 in dem zweiten Diagramm 4 von dem Sensormodul bei einer aktiven Ventilnadel erfasst wurde. Ein Vergleich der Bereiche der beiden Verläufe 12, 14 innerhalb der Ellipse 16 zeigt, dass der Verlauf 14 mit aktiver Ventilnadel innerhalb dieses Bereichs einen Ausschlag aufweist, wohingegen der Verlauf 12 bei inaktiver Ventilnadel innerhalb dieses markierten Bereichs keine Auffälligkeiten aufweist.

20 25 Bei der aus dem Stand der Technik bekannten Vorgehensweise zur Detektion des Nadelschließens wird das zusätzliche Sensormodul in den Piezoaktor integriert. Sobald die Ventilnadel ihren Sitz erreicht, wird ein Körperschallsignal erzeugt, das durch das Sensormodul messbar ist.

30 Das erste Diagramm 20 aus Figur 2 umfasst eine vertikal orientierte Achse 22 für eine Spannung, die über einer Zeitachse 24 aufgetragen ist. In dem ersten Diagramm 20 aus Figur 2 ist ein Verlauf 26 einer Spannung eines Piezoaktors dargestellt, die bei Betrieb eines Piezoaktors, der zum Beaufschlagen einer Düse mit einer Ventilnadel über ein Ventilelement ausgebildet ist, erfasst wird. Entlang

des Verlaufs 26 der Spannung wird über ein charakteristisches Merkmal das Körperschallsignal erkannt.

In dem darunter abgebildeten zweiten Diagramm 28 aus Figur 2 ist über der Zeitachse 24 entlang einer vertikal orientierten Achse 30 der Verlauf des zugehörigen Sensorsignals aufgetragen. Ein Ausschlag im Bereich von einer Millisekunde, der durch das Schließen der Nadel des Ventilelements bewirkt wird, ist entlang des Verlaufs 26 der Spannung nur schwer erkennbar. Der aufbereitete bzw. ausgewertete Verlauf 32 des ursprünglich gemessenen Verlaufs 26 des Signals der Spannung hingegen verdeutlicht jedoch durch einen auffälligen Ausschlag bzw. Knick des Verlaufs 32 im Bereich von einer Millisekunde das Schließen der Ventilnadel.

Die drei in Figur 3 links übereinander abgebildeten Diagramme 34, 36, 38 zeigen jeweils zeitliche Zooms bzw. vergrößerte Ausschnitte von Verläufen 40, 42, 44, 46 von Sensorsignalen bzw. bearbeiteten Sensorsignalen, wie sie beim Stand der Technik durch einen Sensor, der mit einem Piezoaktor zusammenwirkt, bereitgestellt werden. In dem ersten Diagramm 34 aus Figur 3 sind entlang einer Zeitachse 48 der Verlauf 40 eines Rohwerts einer Spannung als Sensorsignal und der Verlauf 42 nach einer Filterung, bspw. Bandpassfilterung, des Verlaufs 40 dargestellt. Das zweite Diagramm 36 zeigt entlang der Zeitachse 48 den Verlauf 44 nach vorgenommener Quadrierung und Aufsummierung des bandpassgefilterten Signals 42. In dem dritten Diagramm 38 aus Figur 3 ist entlang der Zeitachse 48 der Verlauf 46 der durch Anwendung einer Rechenvorschrift des quadrierten und aufsummierten Verlaufs 44 dargestellt. Diese Rechenvorschrift umfasst eine Bestimmung von Differenzen in Steigungen jeweils eines Paares von Geraden bzw. Sekanten, wobei jeweils eine Gerade durch zwei Messpunkte des Verlaufs 44 verläuft. Dabei werden die für mehrere Paare von Geraden gebildeten Differenzen der Steigungen verglichen und aus einer maximalen Differenz ein Maximum 49 ermittelt.

Das Maximum 49 des Verlaufs 46 tritt zur selben Zeit wie der Knick des Verlaufs 44 auf. Dadurch wird das Nadeschließen zeitlich festgelegt. Das Maximum 49 des Verlaufs 46 im Bereich von einer Millisekunde ist durch das Schließen der Ventilnadel bedingt, der durch den Sensor detektiert wird.

5 Die in Figur 3 rechts dargestellten Diagramme 50, 52, 54 zeigen Beispiele für zeitliche Zooms bzw. vergrößerte Ausschnitte von Verläufen 56, 58, 60, 62 für Signale bzw. bearbeitete Signale, wie sie bei einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfasst werden.

10 Bei dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass ein Piezoaktor zum Betreiben einer in einer Düse angeordneten Ventilnadel über ein Ventilelement für einen Verbrennungsmotor ausgebildet ist. Bei Betrieb des Verbrennungsmotors ist vorgesehen, dass dem Piezoaktor Strom zugeführt wird. Durch Zuführung dieses Stroms wird das Ventilelement von dem Piezoaktor beaufschlagt, was dazu führt, dass die Ventilnadel der Düse hin- und herbewegt und dabei die Düse geöffnet und geschlossen wird.

15 Bei Durchführung der Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine an dem Piezoaktor anliegende Spannung gemessen. Der Verlauf 56 eines Signals dieser Spannung ist in dem vierten Diagramm 50 aus Figur 3 entlang einer Zeitachse 64 aufgetragen. In demselben Diagramm 50 ist darunter der gefilterte, bspw. frequenziell bandpassgefilterte, Verlauf 58 des Verlaufs 56 des Signals dargestellt. In dem fünften Diagramm aus Figur 3 ist ein Verlauf 60 des nunmehr überarbeiteten Signals dargestellt, der sich durch Quadrierung und Aufsummierung des Verlaufs 58 aus dem vierten Diagramm 50 ergibt.

20 25 Das sechste Diagramm 54 zeigt einen Verlauf 62 von Werten von Differenzen, die aus Steigungen jeweils eines Paares von Geraden bzw. Sekanten gebildet wird, wobei jeweils eine erste Gerade durch ein erstes Paar Messpunkte und eine zweite Gerade durch ein zweites Paar Messpunkte des Verlaufs 60 aus dem fünften Diagramm 52 verläuft. Für die ermittelten Differenzen bzw. Unterschiede mehrerer Paare von Geraden wird ein Maximum 66 ermittelt.

30 Für diesen Verlauf 62 ergibt sich, dass dieser Verlauf 62 im Bereich von einer Millisekunde einen als Ausschlag ausgebildetes Maximum 66 als charakteristisches Merkmal dieses Verlaufs 62 aufweist. Ein Vergleich des Verlaufs 66 in dem sechsten Diagramm mit dem Verlauf 46 in dem dritten Diagramm zeigt,

dass sich dieser Knick 66 zu demselben Zeitpunkt wie das Maximum 49 in dem Verlauf 46 des Sensorsignals ereignet.

5 Figur 4 zeigt in schematischer Darstellung eine Ausführungsform einer Anordnung 80, die zur Ausführung einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist. Die Anordnung 80 umfasst einen Piezoaktor 82, der innerhalb eines Verbrennungsmotors zum Ansteuern ausgebildet ist.

10 Zwischen dem Piezoaktor 82 und der Düse 86 mit der Ventilnadel 88 bzw. einer Düsenneedle ist in der vorliegenden Ausführungsform ein Ventilelement 92 angeordnet. Eine Wechselwirkung zwischen dem Piezoaktor 84 und der Düse 86 mit der Ventilnadel 88 erfolgt indirekt über das Ventilelement 92. Es ist vorgesehen, dass während des Betriebs durch den Piezoaktor 82 ein Strom 90 einem vorgegebenen Profil geleitet wird. Durch diesen Strom 90 wird eine Abmessung des 15 Piezoaktors 82 verändert. Durch Ansteuern des Ventilelements 92 durch den sich bewegenden Piezoaktor 82 wird auch die Ventilnadel 88 der Düse 86 bewegt und dabei unter anderem geöffnet. In der beschriebenen Ausgestaltung ist vorgesehen, dass der Piezoaktor 84 die Ventilnadel ansteuert, Dadurch entstehen 20 Druckunterschiede zwischen einem Sitz der Ventilnadel 88 und dem oberen Teil der Ventilnadel 88. Diese Druckunterschiede führen zu dem Öffnen der Ventilnadel 88.

25 Bei einem nach dem Öffnen erfolgenden Schließen der Ventilnadel 88 wird ein Körperschall erzeugt, der auf den Piezoaktor 82 wirkt und eine Spannung an dem Piezoaktor 82 bewirkt, die bei Umsetzung des Verfahrens mit einem Voltmeter 94 gemessen wird. Ein Signal der durch das Voltmeter 94 gemessenen Spannung kann einen wie anhand der Diagramme 50, 52, 54 dargestellten Knick 66, der durch den Körperschall verursacht wird, entlang eines Verlaufs 56, 58, 60, 62 des Signals bzw. eines bearbeiteten Signals aufweisen.

5

## Ansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Nadel schließen einer Ventilnadel (88), die von einem Piezoaktor (82) angesteuert wird, bei dem ein Signal einer an dem Piezoaktor (82) anliegenden Spannung gemessen und das Nadel schließen aus einem Verlauf (26, 32, 56, 58, 60, 62) des Signals nachgewiesen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem untersucht wird, ob der Verlauf (26, 32, 56, 58, 60, 62) des Signals ein charakteristisches Merkmal, das auf das Nadel schließen hinweist, aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem vorgesehen ist, dass der Piezo aktor während eines Betriebs angesteuert wird, wobei der Verlauf (26, 32, 56, 58, 60, 62) des Signals bei Durchführung des Verfahrens in einem Bereich nach einer erfolgten Ansteuerung des Piezoaktors (58), nachdem die Spannung auf einen Wert von 0 Volt abgesunken ist, untersucht wird.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem über den Verlauf (26, 32, 56, 58, 60, 62) des Signals ein Körperschall, der durch die sich schließende Ventilnadel (88) verursacht wird, nachgewiesen wird.
5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem die Ventilnadel (88) in einer Düse (86) angeordnet ist und von dem Piezoaktor (82) über mindestens ein Ventilelement (92) angesteuert wird.
6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem das Signal aufbereitet wird.
7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem auf das Signal eine Bandpassfilterung mit Eckfrequenzen angewandt wird, und bestimmte Frequenzen des Signals gefiltert werden.

10

15

20

25

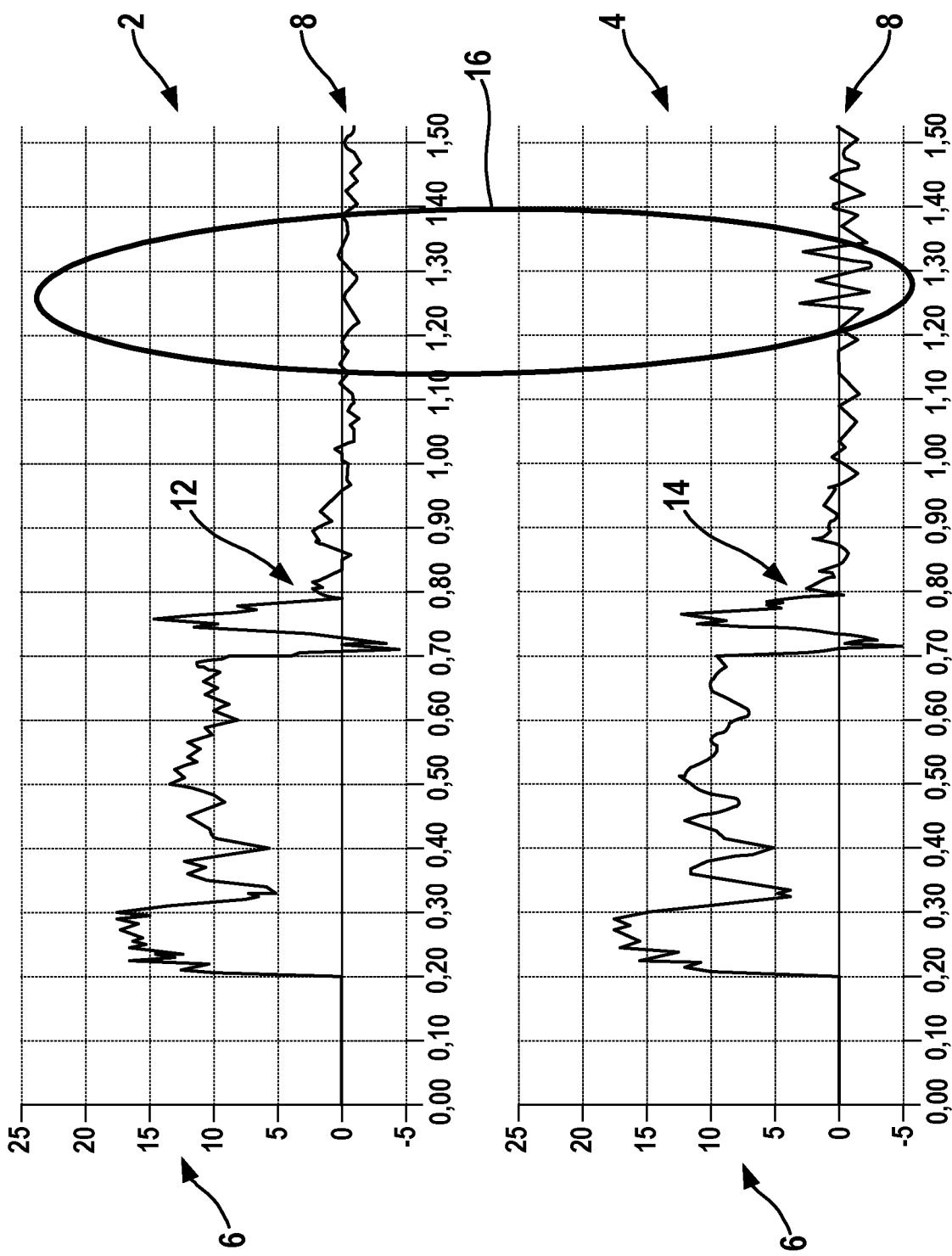
30

35

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem das Signal quadriert wird.
- 5 9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem das Signal aufsummiert wird.
- 10 10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem ein Zeitpunkt des Nadelschließens bestimmt wird.
- 15 11. Anordnung zum Bestimmen eines Nadelschließens einer Ventilnadel (88), die von einem Piezoaktor (82) angesteuert wird, wobei die Anordnung (80) dazu ausgebildet ist, ein Signal einer an dem Piezoaktor (82) anliegenden Spannung zu messen und das Nadelschließen aus einem Verlauf (26, 32, 56, 58, 60, 62) des Signals nachzuweisen.
- 20 12. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer Anordnung nach Anspruch 10 ausgeführt wird.
- 25 13. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere in einer Anordnung nach Anspruch 10 ausgeführt wird.

1 / 4

Fig. 1



2 / 4

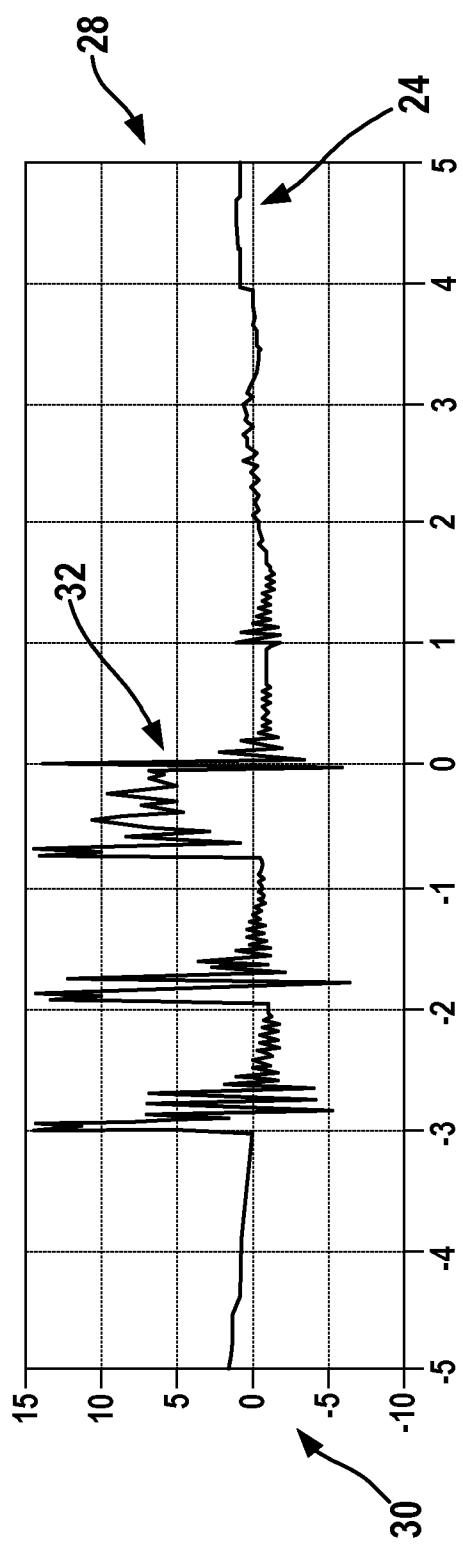
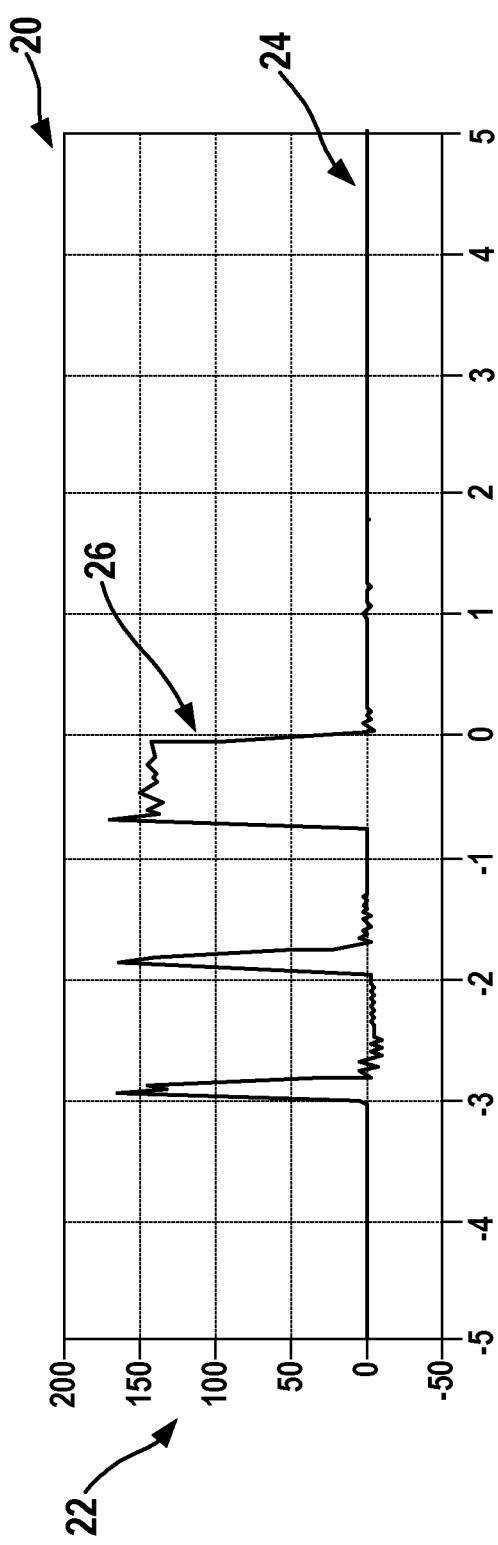
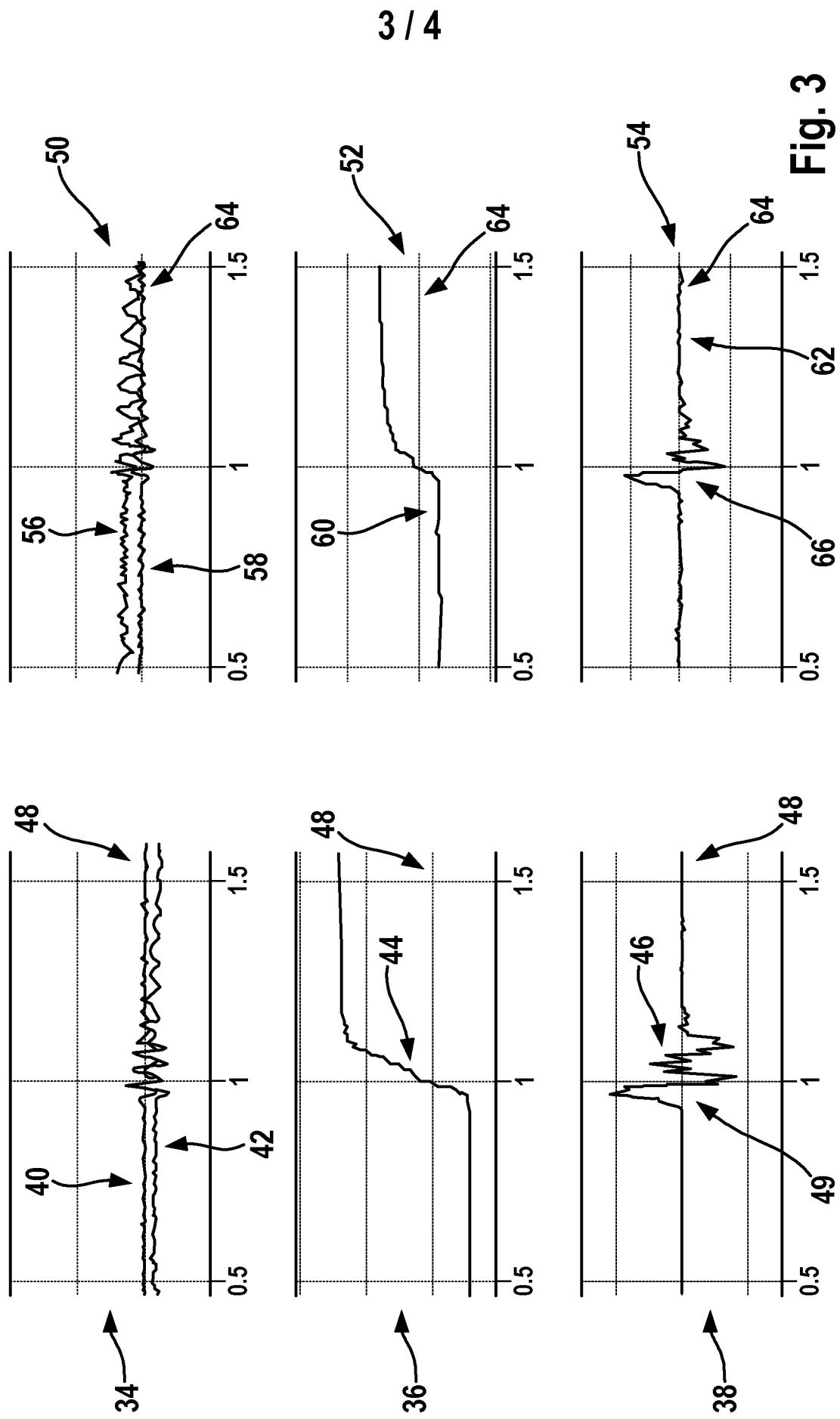


Fig. 2



4 / 4

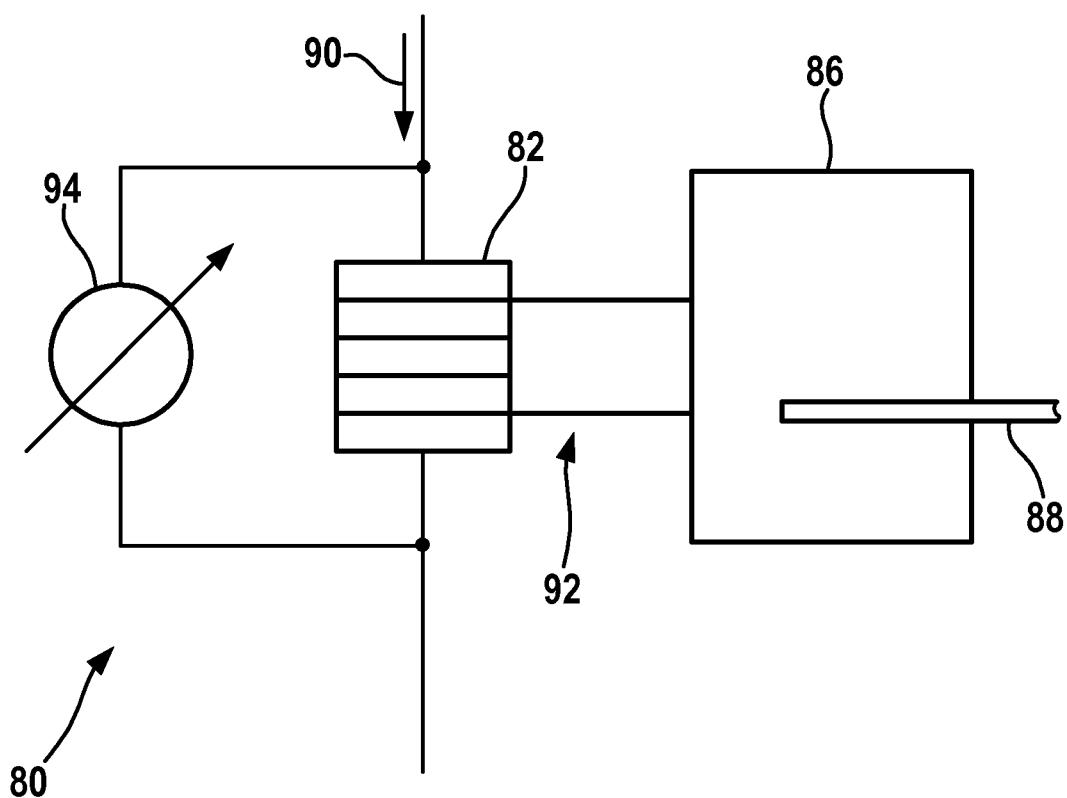


Fig. 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2010/050030

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. H01L41/113 H01L41/04 F02D41/20  
ADD. F02M51/06

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)  
H01L 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 practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2006 003861 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2 August 2007 (2007-08-02) paragraph [0018] – paragraph [0025]; figures ----- DE 10 2005 040533 A1 (SIEMENS AG [DE]) 15 March 2007 (2007-03-15) paragraphs [0005], [0006], [0027], [0028], [0031], [0036]; figures -----	1-13 1-13
X	WO 03/081007 A1 (SIEMENS AG [DE]; BEILHARZ JOERG [DE]; PIRKL RICHARD [DE]; SCHMIDT HARA) 2 October 2003 (2003-10-02) page 12, line 18 – page 8, line 16; figures ----- -/-	1-13

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 document 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 Date of mailing of the international search report

14 April 2010

21/04/2010

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

Aign, Torsten

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2010/050030
---

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2006 059070 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 19 June 2008 (2008-06-19) paragraphs [0006] - [0009], [0043] - [0048]; figures -----	1-13
X	WO 01/63121 A1 (DELPHI TECH INC [US]) 30 August 2001 (2001-08-30) page 13, line 4 - page 14, line 5; figure 7 -----	1-13
A	DE 10 2005 005351 A1 (ORANGE GMBH [DE]) 17 August 2006 (2006-08-17) the whole document -----	6-10

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

## Information on patent family members

International application No  
PCT/EP2010/050030

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
DE 102006003861 A1	02-08-2007	NONE			
DE 102005040533 A1	15-03-2007	NONE			
WO 03081007 A1	02-10-2003	EP	1488088 A1		22-12-2004
DE 102006059070 A1	19-06-2008	CN EP WO US	101595291 A 2102473 A1 2008071531 A1 2010059021 A1		02-12-2009 23-09-2009 19-06-2008 11-03-2010
WO 0163121 A1	30-08-2001	DE EP US	60129511 T2 1169568 A1 6420817 B1		22-11-2007 09-01-2002 16-07-2002
DE 102005005351 A1	17-08-2006	EP JP	1703122 A1 2006214441 A		20-09-2006 17-08-2006

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2010/050030

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
INV. H01L41/113 H01L41/04 F02D41/20  
ADD. F02M51/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
H01L 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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2006 003861 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2. August 2007 (2007-08-02) Absatz [0018] – Absatz [0025]; Abbildungen -----	1-13
X	DE 10 2005 040533 A1 (SIEMENS AG [DE]) 15. März 2007 (2007-03-15) Absätze [0005], [0006], [0027], [0028], [0031], [0036]; Abbildungen -----	1-13
X	WO 03/081007 A1 (SIEMENS AG [DE]; BEILHARZ JOERG [DE]; PIRKL RICHARD [DE]; SCHMIDT HARA) 2. Oktober 2003 (2003-10-02) Seite 12, Zeile 18 – Seite 8, Zeile 16; Abbildungen ----- -/-	1-13



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" älteres Dokument, 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 Recherchebericht 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 erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen 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
14. April 2010	21/04/2010

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 Aign, Torsten
--	--

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2010/050030
---

**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 2006 059070 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 19. Juni 2008 (2008-06-19) Absätze [0006] – [0009], [0043] – [0048]; Abbildungen -----	1-13
X	WO 01/63121 A1 (DELPHI TECH INC [US]) 30. August 2001 (2001-08-30) Seite 13, Zeile 4 – Seite 14, Zeile 5; Abbildung 7 -----	1-13
A	DE 10 2005 005351 A1 (ORANGE GMBH [DE]) 17. August 2006 (2006-08-17) das ganze Dokument -----	6-10

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2010/050030

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
DE 102006003861 A1	02-08-2007	KEINE			
DE 102005040533 A1	15-03-2007	KEINE			
WO 03081007 A1	02-10-2003	EP	1488088 A1	22-12-2004	
DE 102006059070 A1	19-06-2008	CN EP WO US	101595291 A 2102473 A1 2008071531 A1 2010059021 A1	02-12-2009 23-09-2009 19-06-2008 11-03-2010	
WO 0163121 A1	30-08-2001	DE EP US	60129511 T2 1169568 A1 6420817 B1	22-11-2007 09-01-2002 16-07-2002	
DE 102005005351 A1	17-08-2006	EP JP	1703122 A1 2006214441 A	20-09-2006 17-08-2006	