



(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 209 560.1**

(22) Anmeldetag: **07.06.2017**

(43) Offenlegungstag: **13.12.2018**

(51) Int Cl.: **F02M 61/16** (2006.01)

**H01L 41/083** (2006.01)

**H02N 2/18** (2006.01)

**G01L 23/10** (2006.01)

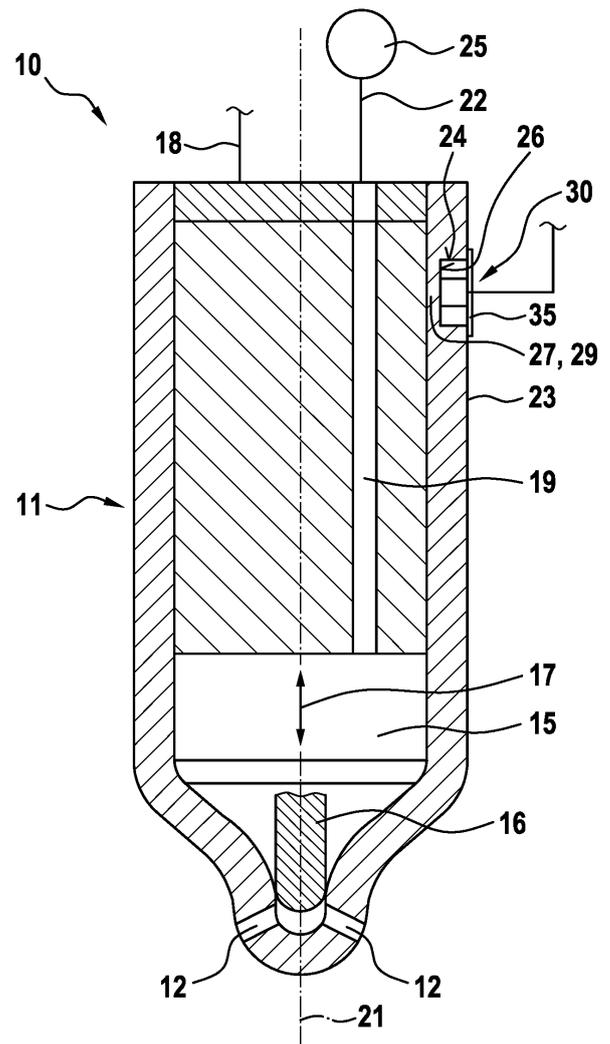
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Kreschel, Henning, 71640 Ludwigsburg, DE;  
Rapp, Holger, 71254 Ditzingen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffinjektor**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor (10), insbesondere Common-Rail-Injektor, mit einem Injektorgehäuse (11), in dem ein Hochdruckraum (15) ausgebildet ist, der über eine im Injektorgehäuse (11) angeordnete Versorgungsbohrung (19) mit unter Druck stehendem Kraftstoff versorgbar ist, mit wenigstens einer zumindest mittelbar mit dem Hochdruckraum (15) verbundenen, im Injektorgehäuse (11) ausgebildeten Einspritzöffnung (12) zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine, mit einem die wenigstens eine Einspritzöffnung (12) freigebenden oder verschließenden Einspritzglied (16), und mit einer Messeinrichtung (30) zur zumindest mittelbaren Erfassung von Druckänderungen in der Versorgungsbohrung (19), wobei die Messeinrichtung (30) dazu ausgebildet ist, eine elastische Verformung eines zumindest mittelbar mit der Versorgungsbohrung (19) oder dem Hochdruckraum (15) in Wirkverbindung angeordneten Verformungsbereichs (27) zu erfassen, und wobei die Messeinrichtung (30) ein als Piezoelement (31; 31a) mit wenigstens zwei, eine unterschiedliche Polarität aufweisenden Elektrodenschichten (41; 41a, 42; 42a) ausgebildetes Sensorelement (32) aufweist, das mit der Oberfläche (26) des Verformungsbereichs (27) in Wirkverbindung angeordnet ist.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor, insbesondere einen Common-Rail-Injektor, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Ein derartiger Kraftstoffinjektor ist aus der DE 10 2014 222 811 A1 der Anmelderin bekannt. Der bekannte Kraftstoffinjektor weist eine Messeinrichtung mit einem Piezoelement auf, das dazu ausgebildet ist, Druckschwankungen in einer Versorgungsbohrung zu detektieren, um damit auf einen Öffnungs- bzw. Schließzeitpunkt eines Einspritzglieds (Düsennadel) schließen zu können. Hierzu ist das Piezoelement im Bereich einer Vertiefung des Injektorgehäuses angeordnet und über eine Klebstoffschicht mit dem Grund der Vertiefung fest verbunden. Weiterhin ist das Piezoelement mittels eines ebenfalls mit dem Injektorgehäuse verbundenen Stützelements in Richtung des sich verformenden Bereichs des Injektorgehäuses mit einer Druckkraft kraftbeaufschlagt. Wünschenswert zur Detektion von Druckschwankungen ist es, dass das Piezoelement lediglich Nutzsignale erzeugt, die aufgrund einer elastischen Deformation des Verformungsbereichs infolge des in der Versorgungsbohrung herrschenden hydraulischen Drucks entstehen. Das Piezoelement ist jedoch sowohl über die Klebstoffschicht, als auch über das Stützelement fest mit dem Injektorgehäuse verbunden und erzeugt daher zusätzlich auch elektrische Signale aufgrund anderer mechanischer Beanspruchungen des Piezoelements, insbesondere aufgrund von Körperschallsignalen. Diese Körperschallsignale entstehen beispielsweise bei der Betätigung eines zur Steuerung des Einspritzglieds dienenden Piezoaktors im Injektor, oder aber auch durch Bewegungen bzw. Vibrationen des Verbrennungsmotors. Diese zusätzlichen, von dem Piezoelement erzeugten Signale bzw. Spannungen überlagern sich mit dem auszuwertenden Nutzsignal aufgrund der Deformation des Verformungsbereichs.

**[0003]** Zwar ist es bekannt, durch einen speziell gewählten An- bzw. Einbauort des Piezoelements, insbesondere in einem Bereich, in dem die Körperschallschwingungen keinen Schwingungsbauch ausbilden, die Störsignale reduzieren zu können, ebenfalls durch eine möglichst geringe Masse der Messeinrichtung, beide Maßnahmen sind jedoch in der Praxis oftmals relativ schwierig realisierbar und können die unerwünschten Signalanteile zwar abschwächen, aber nicht eliminieren.

## Offenbarung der Erfindung

**[0004]** Der erfindungsgemäße Kraftstoffinjektor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass insbesondere die aufgrund von Körperschall-

schwingungen erzeugten Spannungs- bzw. Störsignale des Piezoelements bei der Auswertung des Nutzsignals auf besonders einfache Art und Weise separiert und/oder eliminiert werden können. Insbesondere ermöglicht es der erfindungsgemäße Kraftstoffinjektor, dass dessen Messeinrichtung mit Blick auf die erwähnten Körperschallschwingungen auch an Orten angeordnet werden kann, an denen der Einfluss der Körperschallschwingungen bzw. der Störsignale relativ hoch ist. Auch ist es nicht mehr erforderlich, die Messeinrichtung mit Blick auf eine möglichst geringe Masse speziell ausbilden zu müssen.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, die Elektroden einer Polarität des Piezoelements, also entweder die Anoden oder die Kathoden, derart in wenigstens zwei voneinander isolierte und separat kontaktierbare Teilbereiche zu unterteilen, dass ein erster Teilbereich zumindest nahezu hauptsächlich ein bekanntes Spannungssignal erzeugt, in dem sich das Nutzsignal auf Grund von Druckänderungen in der Versorgungsbohrung und das Störsignal auf Grund mechanischer Beanspruchungen (Körperschall) im Wesentlichen linear überlagern. Im Gegensatz dazu erzeugt der zweite Teilbereich einen relativ geringen Anteil oder gar kein Nutzsignal auf Grund von Druckänderungen in der Versorgungsbohrung, jedoch weiterhin Spannungssignale, die aufgrund mechanischer Beanspruchungen (Körperschall) des Piezoelements entstehen, die von außerhalb des Verformungsbereichs in das Piezoelement eingeleitet werden. Eine derartige Aufteilung bzw. Segmentierung der Elektroden einer Polarität in wenigstens zwei Teilbereiche ermöglicht es, durch Subtraktion des von dem zweiten Teilbereich erzeugten Signals von der von dem ersten Teilbereich erzeugten Spannung auf den Anteil zu schließen, der alleine aufgrund der elastischen Deformation des Verformungsbereichs entsteht und damit das nahezu ungestörte Nutzsignal zu gewinnen.

**[0006]** Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors sind in den Unteransprüchen angeführt.

**[0007]** Ein üblicherweise verwendetes Piezoelement weist zur Erzeugung eines möglichst robusten, das heißt gegen elektrische Störeinkopplungen unempfindlichen Spannungssignals eine Vielzahl von der Spannungserzeugung dienenden Elektrodenschichten auf. Typischerweise wechseln sich in der Schichtfolge Anoden und Kathoden ab, wobei die Elektroden gleicher Polarität jeweils niederohmig miteinander verbunden sind. Dementsprechend sind die Keramikschichten zwischen den Elektroden in der Schichtfolge jeweils alternierend polarisiert.

**[0008]** In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Messeinrichtung zur Separierung des Nutzsignals ist es vorgesehen, dass

mehrere Elektrodenschichten gleicher Polarität jeweils wenigstens zwei voneinander elektrisch isolierte Teilbereiche aufweisen, und dass die wenigstens zwei Teilbereiche dieser Elektrodenschichten beide in Überdeckung zu den Elektroden entgegengesetzter Polarität angeordnet sind. Dadurch lassen sich die Spannungssignale der Teilbereiche besonders einfach separat erfassen.

**[0009]** Um die gleichnamigen ersten bzw. zweiten Teilbereiche der einzelnen Elektrodenschichten gleicher Polarität jeweils besonders einfach untereinander verbinden zu können, ist es vorgesehen, dass die wenigstens zwei Teilbereiche in jeder diese aufweisenden Elektrodenschicht seitlich an wenigstens einer Stelle des Sensorumfangs bis an den Rand des Piezoelements geführt und dass gleichnamige erste bzw. zweite Teilbereiche dort jeweils mittels eines randseitigen Elements, insbesondere mittels einer elektrisch leitenden Schicht, miteinander verbunden sind.

**[0010]** Eine weitere, besonders bevorzugte konstruktive Ausgestaltung bzw. Anordnung der Teilbereiche der Elektrodenschichten sieht vor, dass zwei Teilbereiche in einer Elektrodenschicht vorgesehen sind, wobei der zweite Teilbereich in der Elektroden-ebene U-förmig mit zwei Seitenschenkeln und einem Verbindungsschenkel ausgebildet ist, und wobei der erste Teilbereich innerhalb der von den Schenkeln gebildeten Aussparung des zweiten Teilbereichs angeordnet ist. Eine derartige konstruktive Ausgestaltung des zweiten Teilbereichs ermöglicht es insbesondere, dessen elektrische Kontaktierung lediglich an einer Seite des Piezoelements vornehmen zu können, da die beiden Seitenschenkel in jeder zugehörigen Elektrodenschicht über den Verbindungsschenkel elektrisch miteinander verbunden sind, und es somit genügt, lediglich beispielsweise einen der Seitenschenkel bis an den Rand des Piezoelements zu führen, um den zweiten Teilbereich elektrisch kontaktieren zu können.

**[0011]** Da der Verbindungsschenkel zwischen den beiden Seitenschenkeln des zweiten Teilbereichs bei der zuletzt genannten Ausführungsform lediglich der elektrischen Verbindung der beiden Seitenschenkel dient, ist es von Vorteil, wenn der Verbindungsschenkel des zweiten Teilbereichs eine geringere Breite und Fläche aufweist als die beiden Seitenschenkel des zweiten Teilbereichs. Dadurch wird gleichzeitig die mögliche Fläche des in der Aussparung des zweiten Teilbereichs angeordneten ersten Teilbereichs maximiert und somit beispielsweise ein maximal großes Nutzsignal durch den ersten Teilbereich ermöglicht.

**[0012]** Für die Erfindung ist es unerheblich, ob die Anoden oder die Kathoden in zwei Teilbereiche unterteilt werden. Im Folgenden wird vereinfacht der Fall

beschrieben, dass die Anoden in zwei Teilbereiche unterteilt sind, während die Kathodenschichten nach wie vor einheitlich ohne weitere Unterteilung ausgeführt sind. Dieser Fall ist für einen Fachmann einfach auf den umgekehrten Fall übertragbar.

**[0013]** Um einerseits von dem ersten Teilbereich der Elektrodenschicht eine möglichst hohe Nutzsignalamplitude zu erhalten, und andererseits den zweiten Teilbereich, der der Detektion bzw. Erzeugung der Störspannungen bzw. Störsignale dient, möglichst so anzuordnen, dass von dem zweiten Teilbereich kein Nutzsignalanteil erzeugt wird, wird vorgeschlagen, dass der erste Teilbereich in dem bei einer Druckänderung in der Versorgungsbohrung am stärksten verformten Bereich des Verformungsbereichs und der zweite Teilbereich an dem am wenigsten durch eine Druckänderung in der Versorgungsbohrung verformten Bereich des Verformungsbereichs angeordnet ist.

**[0014]** In konkreter Ausgestaltung des zuletzt gemachten Vorschlags ist es vorgesehen, dass der erste Teilbereich in Überdeckung mit der Versorgungsbohrung und der zweite Teilbereich seitlich neben der Versorgungsbohrung angeordnet ist.

**[0015]** Um das Nutzsignal durch Subtraktion der beiden Signale voneinander gewinnen zu können, ist es darüber hinaus vorgesehen, dass in einer ersten Ausführungsform alle gleichartigen Elektrodenschichten niederohmig untereinander verbunden sind. Das heißt, dass alle ersten Teilbereiche der Elektrodenschichten einer Polarität niederohmig miteinander verbunden sind, dass alle zweiten Teilbereiche der Elektrodenschichten dieser Polarität niederohmig miteinander verbunden sind und dass alle Elektrodenschichten der entgegengesetzten Polarität niederohmig miteinander verbunden sind. Eine elektronische Schaltung ist dazu ausgebildet, die Spannung zwischen den ersten Teilbereichen und den Elektroden der entgegengesetzten Polarität zu erfassen, die Spannung zwischen den zweiten Teilbereichen und den Elektroden der entgegengesetzten Polarität zu erfassen und die Differenz zwischen den beiden Spannungssignalen zu bilden. Darüber hinaus ist die elektronische Schaltung ggf. dazu ausgebildet, die Spannungssignale der Teilbereiche der Elektrodenschichten bei der Differenzbildung unterschiedlich zu gewichten. Die Gewichtung kann dabei beispielsweise unter Berücksichtigung von deren Flächenanteilen erfolgen. Eine derartige Ausgestaltung ermöglicht es insbesondere, unterschiedlich große Flächenanteile für die Teilbereiche der Elektrodenschichten ausbilden zu können, sodass die konstruktive Gestaltungsfreiheit bei der Dimensionierung des Piezoelements bzw. der Teilbereiche der Elektrodenschichten vergrößert wird und insbesondere eine besonders gute Anpassung an den jeweiligen Verformungsbereich des Kraftstoffinjektors ermöglicht wird.

**[0016]** Eine davon alternative Ausgestaltung, die eine vereinfachte elektronische Schaltung ermöglicht, sieht vor, dass lediglich die unterschiedlichen Teilbereiche der Elektroden-schichten einheitlicher Polarität, mit einer elektronischen Schaltung verbunden sind, und dass die elektronische Schaltung dazu ausgebildet ist, direkt die Differenzspannung zwischen den Teilbereichen der Elektroden einheitlicher Polarität zu erfassen. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die vollflächigen Elektroden der entgegengesetzten Polarität weiterhin niederohmig untereinander verbunden sind, sie aber nicht mit der elektronischen Schaltung verbunden sind.

In einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung sind die vollflächigen Elektroden der entgegengesetzten Polarität dagegen nicht untereinander verbunden und dadurch auch von außen nicht kontaktierbar.

**[0017]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung.

**[0018]** Diese zeigt in:

**Fig. 1** eine stark vereinfachte, teilweise geschnittene Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors mit einer Messeinrichtung zur zumindest mittelbaren Erfassung von Kraftstoffdruckschwankungen im Kraftstoffinjektor,

**Fig. 2** einen vereinfachten Querschnitt durch ein Piezoelement, wie es die Messeinrichtung gemäß der **Fig. 1** aufweist, im Bereich des Verformungsbereichs des Kraftstoffinjektors,

**Fig. 3** eine Draufsicht im Bereich einer der in zwei Teilbereiche aufgeteilten Elektroden-schichten gemäß der **Fig. 2**,

**Fig. 4** einen Querschnitt durch ein gegenüber **Fig. 2** modifiziertes Piezoelement, bei dem dessen nicht aufgeteilte Elektroden-schichten elektrisch nicht untereinander verbunden und nicht von außen kontaktierbar sind und

**Fig. 5** und **Fig. 6** unterschiedliche elektrische Schaltbilder zur Verdeutlichung des Funktionsprinzips der Auswertung der Spannungssignale der unterschiedlichen Teilbereiche der Piezoelemente.

**[0019]** Gleiche Elemente bzw. Elemente mit gleicher Funktion sind in den Figuren mit den gleichen Bezugsnummern versehen.

**[0020]** Der in der **Fig. 1** stark vereinfacht dargestellte Kraftstoffinjektor **10** ist als sogenannter Common-Rail-Injektor ausgebildet, und dient dem Einspritzen von Kraftstoff in den nicht gezeigten Brennraum einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer selbstzündenden Brennkraftmaschine.

**[0021]** Der Kraftstoffinjektor **10** weist ein im Wesentlichen aus Metall bestehendes, ggf. mehrteilig ausgebildetes Injektorgehäuse **11** auf, in dem auf der dem Brennraum der Brennkraftmaschine zugewandten Seite wenigstens eine, vorzugsweise mehrere Einspritzöffnungen **12** zum Einspritzen des Kraftstoffs angeordnet sind. Innerhalb des Injektorgehäuses **11** bildet dieses einen Hochdruckraum **15** aus, in dem eine als Einspritzglied dienende Düsennadel **16** in Richtung des Doppelpfeils **17** hubbeweglich angeordnet ist. In der dargestellten, abgesenkten Stellung der Düsennadel **16** bildet diese zusammen mit der Innenwand des Hochdruckraums **15** bzw. des Injektorgehäuses **11** einen Dichtsitz aus, so dass die Einspritzöffnungen **12** zumindest mittelbar verschlossen sind, derart, dass das Einspritzen von Kraftstoff aus dem Hochdruckraum **15** in den Brennraum der Brennkraftmaschine vermieden wird. In der anderen, nicht dargestellten, von dem Dichtsitz abgehobenen Position der Düsennadel **16** gibt diese die Einspritzöffnungen **12** zum Einspritzen des Kraftstoffs in den Brennraum der Brennkraftmaschine frei. Die Bewegung der Düsennadel **16**, insbesondere zum Freigeben der Einspritzöffnungen **12**, erfolgt auf eine an sich bekannte Art und Weise mittels eines nicht dargestellten Aktuators, der über eine Spannungsversorgungsleitung **18** von einer Steuereinrichtung der Brennkraftmaschine ansteuerbar ist. Bei dem Aktuator kann es sich insbesondere um einen Magnetaktuator oder aber um einen Piezoaktuator handeln. Die Steuerung der Düsennadel **16** kann dabei durch direkte Kopplung des Aktuators mit der Düsennadel **16** über mechanische und/oder hydraulische Übertragungselemente oder unter Zwischenschaltung eines Servoventils zwischen Aktuator und Düsennadel **16** erfolgen.

**[0022]** Die Versorgung des Hochdruckraums **15** mit unter Hochdruck (Systemdruck) stehendem Kraftstoff erfolgt über eine innerhalb des Injektorgehäuses **11** angeordnete bzw. in Bauteilen des Kraftstoffinjektors **10** ausgebildete Versorgungsbohrung **19**, die insbesondere exzentrisch zur Längsachse **21** des Injektorgehäuses **11** in einem Randbereich des Kraftstoffinjektors **10**, zumindest im Wesentlichen parallel zur Längsachse **21**, verläuft. Die Versorgungsbohrung **19** ist darüber hinaus über einen nicht dargestellten Kraftstoffanschlussstutzen mit einer Kraftstoffleitung **22** verbunden, welche wiederum mit einem Hochdruck-Kraftstoffspeicher **25** (Rail) gekoppelt ist.

**[0023]** In einem von den Einspritzöffnungen **12** bzw. dem Brennraum axial relativ weit beabstandeten Bereich des Injektorgehäuses **11** ist in dessen Außenwand **23** beispielhaft eine sacklochförmige Vertiefung **24** ausgebildet, so dass die Wanddicke des Injektorgehäuses **11** im Bereich der Vertiefung **24** reduziert ist. Ergänzend wird erwähnt, dass anstelle einer sacklochförmigen Vertiefung **24** das Injektorgehäuse **11** auch eine Abflachung aufweisen kann, in deren

Bereich die Wanddicke des Injektorgehäuses **11** reduziert ist.

[0024] Der eben ausgebildete Grund **26** der Vertiefung **24** bildet einen Teil eines Verformungsbereichs **27** aus. Dadurch, dass die Wanddicke des Injektorgehäuses **11** im Bereich der Vertiefung **24** reduziert ist, ist der Wandabschnitt **29** im Verformungsbereich **27** vergleichsweise leicht elastisch verformbar, wobei die Verformung, welche sich als Wölbung ausbildet, umso größer ist, je höher der augenblickliche Kraftstoffdruck in der Versorgungsbohrung **19** ist.

[0025] Zur Detektion von Schwankungen Kraftstoffdrucks in der Versorgungsbohrung **19**, weist der Kraftstoffinjektor **10** eine Messeinrichtung **30** auf. Die Messeinrichtung **30** umfasst ein als Piezoelement **31** ausgebildetes Sensorelement **32**. Schwankungen des Kraftstoffdrucks in der Versorgungsbohrung **19** werden primär durch die Einspritzvorgänge ausgelöst und erlauben daher einen Rückschluss auf charakteristische Zeitpunkte oder Merkmale des Einspritzverlaufs, insbesondere auf Ende und/oder Beginn einer Einspritzung.

[0026] Wie insbesondere anhand der **Fig. 2** erkennbar ist, ist das Piezoelement **31** im dort dargestellten Ausführungsbeispiel mittels einer Klebstoffschicht **34** mit dem Grund **26** der Vertiefung **24** verbunden. Das Piezoelement **31** kann aber auch ohne Klebstoffschicht **34** zum Injektorgehäuse **11** fixiert sein. Die dem Verformungsbereich **27** abgewandte Seite des Piezoelements **31** ist in zumindest mittelbarem Anlagekontakt mit einem Niederhalterelement **35** angeordnet, das mit dem Injektorgehäuse **11** verbunden ist, und das auf das Piezoelement **31** eine in Richtung des Verformungsbereichs **27** wirkende axiale Vorspannkraft  $F$  erzeugt.

[0027] Das im Ausführungsbeispiel eine in etwa rechteckförmige Grundfläche aufweisende Piezoelement **31** weist in bekannter Art und Weise keramische Schichten auf, zwischen denen parallel zueinander angeordnete Elektrodenschichten **41**, **42** angeordnet sind. Dabei sind im vorliegenden Beispiel die Elektrodenschichten **41** elektrisch als Kathode ausgebildet, während die Elektrodenschichten **42** als Anode wirken. In der Schichtfolge wechseln sich als Kathoden ausgeführte Elektrodenschichten **41** mit als Anode ausgeführten Elektrodenschichten **42** ab. Entsprechend dieser abwechselnden Anordnung von Anoden und Kathoden sind die zwischen den Elektrodenschichten **41**, **42** angeordneten Keramikschichten aufeinanderfolgend jeweils in entgegengesetzter Richtung polarisiert. Die Elektrodenschichten **41** bis **43** sind bis zu einer Seitenfläche **36** des Piezoelements **31** herangeführt und dort mittels einer Schicht **37** oder eines sonstigen Elements elektrisch miteinander verbunden. An dieser Schicht **37** kann eine Kontaktierung von außen erfolgen.

[0028] Ergänzend wird erwähnt, dass in der Darstellung der **Fig. 2** aus Gründen der Übersichtlichkeit rein beispielhaft fünf Elektrodenschichten, nämlich drei Kathodenschichten **41** und zwei Anodenschichten **42** dargestellt sind, in der Praxis sind jedoch auch mehr oder weniger als fünf Elektrodenschichten **41**, **42** vorhanden sein können.

[0029] Ebenfalls ergänzend sei erwähnt, dass die Ausbildung der Elektrodenschichten **41** als Kathoden und der Elektrodenschichten **42** als Anoden hier lediglich beispielhaft gewählt ist und dass auch die umgekehrte Ausbildung möglich ist. Wie insbesondere im Zusammenhang mit der **Fig. 3** erkennbar ist, sind die beiden identisch ausgebildeten Elektrodenschichten **42** (in der **Fig. 3** ist lediglich eine dieser Elektrodenschichten dargestellt) speziell ausgebildet. Insbesondere weist jede der Elektrodenschichten **42** einen ersten, beispielhaft rechteckförmigen Teilbereich **46** auf, der elektrisch isoliert von einem zweiten Teilbereich **48** innerhalb einer Aussparung **47** dieses zweiten Teilbereichs **48** der Elektrodenschicht **42** angeordnet ist. Der zweite Teilbereich **48** ist entsprechend der Darstellung der **Fig. 3** in Draufsicht bzw. in der Elektrodenenebene U-förmig mit zwei rechteckförmigen Seitenschenkeln **49**, **50** und einem die beiden Seitenschenkel **49**, **50** miteinander verbindenden Verbindungsschenkel **51** ausgebildet. Die Breite  $B$  der Seitenschenkel **49**, **50** ist größer als die Breite  $b$  des Verbindungsschenkels **51** gewählt, der im Vergleich zu den Seitenschenkeln **49**, **50** auch eine kleinere Fläche aufweist. Der Verbindungsschenkel **51** dient der elektrischen Verbindung der beiden Seitenschenkel **49**, **50**, wobei zumindest der eine Seitenschenkel **50** bis zu der der Seitenfläche **36** gegenüberliegenden Seitenfläche **38** des Piezoelements **31** reichend ausgebildet, und dort mittels einer Schicht **39** mit dem oder den anderen Seitenschenkeln **50** der anderen Elektrodenschichten **42** elektrisch verbunden ist.

[0030] Weiterhin ist anhand der **Fig. 3** erkennbar, dass der erste Teilbereich **46** elektrisch bis zu der Seitenfläche **52** des Piezoelements **31** reichend ausgebildet und dort über eine Schicht **53** mit dem oder den anderen ersten Teilbereich **46** der anderen Elektrodenschichten **42** verbunden ist.

[0031] Wesentlich ist darüber hinaus, wie insbesondere anhand der **Fig. 2** erkennbar ist, dass der erste Teilbereich **46** derart in Bezug auf die Versorgungsbohrung **19** und den Verformungsbereich **27** angeordnet ist, dass dieser in Überdeckung mit der Versorgungsbohrung **19** angeordnet ist und somit bei einer Druckänderung in der Verformungsbohrung **19** am stärksten deformiert wird und dadurch eine besonders hohes Nutzsinalamplitude erzeugt. Demgegenüber sind die beiden, seitlich des ersten Teilbereichs **46** angeordneten Seitenschenkel **49**, **50** des zweiten Teilbereichs **48** in einem Bereich des Verformungsbereichs **27** angeordnet, der seitlich neben

der Versorgungsbohrung **19** angeordnet ist und somit bei einer Druckänderung in der Versorgungsbohrung **19** relativ gering verformt wird. Jedoch sind sowohl die beiden Seitenschenkel **49, 50** als auch der erste Teilbereich **46** der Elektrodenschicht **42** über das Niederhalterelement **35** sowie ggf. über die Klebstoffschicht **34** starr mit dem Injektorgehäuse **11** gekoppelt, sodass (Körperschall-) Schwingungen oder ähnliche mechanische Beanspruchungen vom Injektorgehäuse **11** in beide Teilbereiche **46, 48** gleichermaßen übertragen werden und dort jeweils ein Spannungssignal bzw. einen Signalanteil erzeugen, der als Störspannung interpretiert werden kann..

**[0032]** Das in der **Fig. 4** dargestellte Piezoelement **31a** unterscheidet sich von dem Piezoelement **30** dadurch, dass die als Kathode wirkenden Elektrodenschichten **41a** nicht mittels einer Schicht **37** oder eines sonstigen Elements elektrisch miteinander verbunden sind. Üblicherweise werden diese Elektrodenschichten **41a** bei dieser Ausführungsform des Piezoelements **31a** auch nicht von außen kontaktiert-

**[0033]** In einer weiteren, in der Zeichnung nicht dargestellten Ausführungsform der Erfindung, sind nicht alle, sondern nur ein Teil der Elektrodenschichten **42** wie oben beschrieben in zwei Teilbereiche **46, 48** unterteilt. Die anderen, einteilig ausgeführten Elektrodenschichten **42** sind in diesem Fall entweder mit den ersten Teilbereichen **46** oder mit den zweiten Teilbereichen **48** der unterteilten Elektrodenschichten **42** verbunden.

**[0034]** In den hier und in der Zeichnung beschriebenen Ausführungsbeispielen sind jeweils die als Anoden ausgeführten Elektrodenschichten **42** in zwei Teilbereiche separiert, während die als Kathoden ausgeführten Elektrodenschichten **41** einteilig ausgeführt sind. Ebenso ist es natürlich auch möglich, die Unterteilung der Elektrodenschichten in zwei Teilbereiche an den als Kathoden ausgeführten Elektrodenschichten **41** auszuführen und die als Anoden ausgeführten Schichten einteilig zu gestalten.

**[0035]** In der **Fig. 5** ist einer erste elektrische Schaltung zur Auswertung der Spannungssignale des Piezoelements **31** dargestellt. Insbesondere erkennt man den Bereich des Piezoelements **31**, der von dem Bereich eines Kabelbaums **55** und dem Bereich eines Steuergeräts **56** getrennt ist. Der obere Teil des Piezoelements **31** kennzeichnet ein Ersatzschaltbild für den Bereich der ersten Teilbereiche **46** der Elektrodenschichten **42**, während der untere Teil ein Ersatzschaltbild für die zweiten Teilbereiche **48** der Elektrodenschichten **42** darstellt. Die beiden Teilbereiche **46** und **48** der als Anode wirkenden Elektrodenschichten **42** sind über jeweils eine Verbindung **58, 59** mit der Eingangsseite des Steuergeräts **56** verbunden. Weiterhin sind die als Kathode wirkenden Elektrodenschichten **41** elektrisch über eine Verbindung **57** mit

der Eingangsseite des Steuergeräts **56** verbunden. Eine Schaltung des Steuergeräts **56** umfasst zwei Bausteine **60, 61**, über die die Spannungssignale zwischen den ersten Teilbereichen **46** der Elektrodenschichten **42** und den als Kathoden wirkenden Elektrodenschichten **41** sowie zwischen den zweiten Teilbereichen **48** der Elektrodenschichten **42** und den als Kathodenschichten wirkenden Elektrodenschichten **41** erfasst und in die auf die Steuergeräte-Masse bezogenen Spannungssignale  $u_1$  und  $u_2$  gewandelt werden. Diese beiden Spannungssignale  $u_1$  und  $u_2$  können in der Folge durch weitere, hier nicht dargestellte Funktionseinheiten des Steuergeräts **56** voneinander subtrahiert und ggf. zuvor unterschiedliche gewichtet und analog-digital gewandelt werden. Dabei ist die Reihenfolge von ggf. gewichteter Subtraktion und Analog-digitalWandlung beliebig. Auch können durch die Funktionseinheiten **60, 61** statt der auf die Steuergeräte-Masse bezogenen Spannungssignale  $u_1$  und  $u_2$  auch direkt digitale Signale und/oder die ggf. gewichtete Differenz der Spannungssignale  $u_1$  und  $u_2$  erzeugt werden. Das Spannungssignal  $u_1$  besteht aus einem Nutzsignalanteil, der im Wesentlichen durch die elastische Verformung des Injektorgehäuses **11** durch Druckschwankungen in der Versorgungsbohrung **19** erzeugt wird sowie einem Störsignalanteil, der im Wesentlichen durch mechanische Einkopplungen (Körperschall) in den Piezosensor **31** verursacht wird. Das Spannungssignal  $u_2$  weist hingegen im Wesentlichen nur einen Störsignalanteil auf. Durch die - ggf. gewichtete - Subtraktion des Spannungssignals  $u_2$  von dem Spannungssignal  $u_1$  wird somit der Störsignalanteil eliminiert und das Nutzsignal extrahiert.

**[0036]** Die in der **Fig. 6** dargestellte zweite elektrische Schaltung mit dem Piezoelement **31, 31a** unterscheidet sich von der ersten Schaltung der **Fig. 5** dadurch, dass die als Kathode wirkenden Elektrodenschichten **41** elektrisch nicht mit der Eingangsseite des Steuergeräts **56a** verbunden sind. In diesem Fall wird mittels des Bausteins **62** der Schaltung des Steuergeräts **56a** die Spannung zwischen den beiden Teilbereichen **46** und **48** der als Anoden ausgeführten Elektrodenschichten **42** erfasst und in ein auf die Steuergeräte-Masse bezogenes Spannungssignal  $u$  gewandelt. Diese kann in der Folge durch einen weiteren Funktionsbaustein des Steuergeräts **56a** analog-digital-gewandelt werden. Dieser weitere Funktionsbaustein kann auch in den Baustein **62** integriert sein, so dass der Baustein **62** direkt ein digitales Signal ausgibt, das die Spannung zwischen den beiden Teilbereichen **46** und **48** abbildet. Das Spannungssignal  $u$  weist qualitativ einen zeitlichen Verlauf auf, der der Differenz der Spannungssignale  $u_1$  und  $u_2$  bei einer Auswertung mit der Schaltung gemäß **Fig. 5** entspricht, wobei die dort erwähnte Möglichkeit zur Gewichtung der beiden Spannungssignale vor der Differenzbildung entfällt.

**[0037]** Der soweit beschriebene Kraftstoffinjektor **10** bzw. die Messeinrichtung **30** kann in vielfältiger Art und Weise abgewandelt bzw. modifiziert werden, ohne vom Erfindungsgedanken abzuweichen.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102014222811 A1 [0002]

## Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor (10), insbesondere Common-Rail-Injektor, mit einem Injektorgehäuse (11), in dem ein Hochdruckraum (15) ausgebildet ist, der über eine im Injektorgehäuse (11) angeordnete Versorgungsbohrung (19) mit unter Druck stehendem Kraftstoff versorgbar ist, mit wenigstens einer zumindest mittelbar mit dem Hochdruckraum (15) verbundenen, im Injektorgehäuse (11) ausgebildeten Einspritzöffnung (12) zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine, mit einem die wenigstens eine Einspritzöffnung (12) freigebenden oder verschließenden Einspritzglied (16), und mit einer Messeinrichtung (30) zur zumindest mittelbaren Erfassung von Druckänderungen in der Versorgungsbohrung (19), wobei die Messeinrichtung (30) dazu ausgebildet ist, eine elastische Verformung eines zumindest mittelbar mit der Versorgungsbohrung (19) oder dem Hochdruckraum (15) in Wirkverbindung angeordneten Verformungsbereichs (27) zu erfassen, und wobei die Messeinrichtung (30) ein als Piezoelement (31; 31a) mit wenigstens zwei, eine unterschiedliche Polarität aufweisenden Elektrodenschichten (41; 41a, 42; 42a) ausgebildetes Sensorelement (32) aufweist, das mit der Oberfläche (26) des Verformungsbereichs (27) in Wirkverbindung angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine der Elektrodenschichten (41; 41a, 42; 42a) zwei, elektrisch voneinander isolierte Teilbereiche (46, 48) aufweist, und dass die beiden Teilbereiche (46, 48) derart in Überdeckung mit der Versorgungsbohrung (19) angeordnet sind, dass der Sensor (31; 31a) im Bereich der beiden Teilbereiche (46, 48) bei einer Druckänderung in der Versorgungsbohrung (19) unterschiedlich stark elastisch verformt wird.

2. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Elektrodenschichten (41; 41a, 42; 42a) gleicher Polarität jeweils wenigstens zwei voneinander elektrisch isolierte Teilbereiche (46, 48) aufweisen, und dass die wenigstens zwei Teilbereiche (46, 48) der Elektrodenschichten (41; 41a, 42; 42a) in Überdeckung mit den Elektrodenschichten (41; 41a, 42; 42a) der entgegengesetzten Polarität angeordnet sind.

3. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die jeweils ersten Teilbereiche (46) der zwei Teilbereiche (46, 48) aufweisenden Elektrodenschichten (41; 41a, 42; 42a) seitlich bis zu einer Seitenfläche (52) des Piezoelements (31; 31a) geführt, dass die jeweils ersten Teilbereiche (46) an der Seitenfläche (52) elektrisch miteinander verbunden sind, dass die jeweils zweiten Teilbereiche (48) der zwei Teilbereiche (46, 48) aufweisenden Elektrodenschichten (41; 41a, 42; 42a) seitlich bis zu einer anderen Seitenfläche (38) des Piezoelements (31; 31a) geführt, und dass die jeweils zweiten Teilbe-

reiche (48) im Bereich der andern Seitenfläche (38) elektrisch miteinander verbunden sind.

4. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die jeweils einteilig ausgeführten Elektrodenschichten (41, 42) seitlich bis zu einer Seitenfläche des Piezoelements (31) geführt und dort elektrisch miteinander verbunden sind.

5. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Teilbereiche (46, 48) in einer Elektrodenschicht (41; 41a, 42; 42a) oder in mehreren Elektrodenschichten (41; 41a, 42; 42a) gleicher Polarität vorgesehen sind, wobei der zweite Teilbereich (48) U-förmig mit zwei Seitenschenkeln (49, 50) und einem Verbindungsschenkel (51) ausgebildet ist, und wobei der erste Teilbereich (46) innerhalb der von den Schenkeln (49, 50, 51) gebildeten Aussparung (47) des zweiten Teilbereichs (48) angeordnet ist.

6. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbindungsschenkel (51) eine geringere Breite (b) und Fläche aufweist als die beiden Seitenschenkel (49, 50).

7. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zwei Teilbereiche (46, 48) ausbildende Elektrodenschichten (42; 42a, 41; 41a) als Anodenschichten ausgebildet sind.

8. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zwei Teilbereiche (46, 48) ausbildende Elektrodenschichten (42; 42a, 41; 41a) als Kathodenschichten ausgebildet sind.

9. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Teilbereich (46) in dem bei einer Druckänderung in der Versorgungsbohrung (19) am stärksten verformten Bereich des Verformungsbereichs (27) und der zweite Teilbereich (48) an dem bei einer Druckänderung in der Versorgungsbohrung (19) am wenigsten verformten Bereich des Verformungsbereichs (27) angeordnet ist.

10. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Teilbereich (46) in Überdeckung mit der Versorgungsbohrung (19) und der zweite Teilbereich (48) seitlich der Versorgungsbohrung (19) angeordnet ist.

11. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle Elektrodenschichten (41, 42) und deren Teilbereiche (46, 48) mit einer elektronischen Schaltung (60, 61) verbindbar sind, dass die elektronische Schaltung (60, 61) dazu ausgebildet ist, die Spannungssignale zwischen

jedem der beiden Teilbereiche (46, 48) und den einteiligen Elektroden-schichten (41, 42) mit entgegengesetzter Polarität zu erfassen und als auf die Steuergeräte-Masse bezogene Spannungssignale ( $u_1, u_2$ ) auszugeben, und dass die elektronische Schaltung (60, 61 darüber hinaus ggf. dazu ausgebildet ist, die die Differenz zwischen den Spannungssignalen ( $u_1, u_2$ ) zu bilden.

12. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Schaltung (62) dazu ausgebildet ist, die Spannungssignale ( $u_1, u_2$ ) bei der Differenzbildung unterschiedlich zu gewichten.

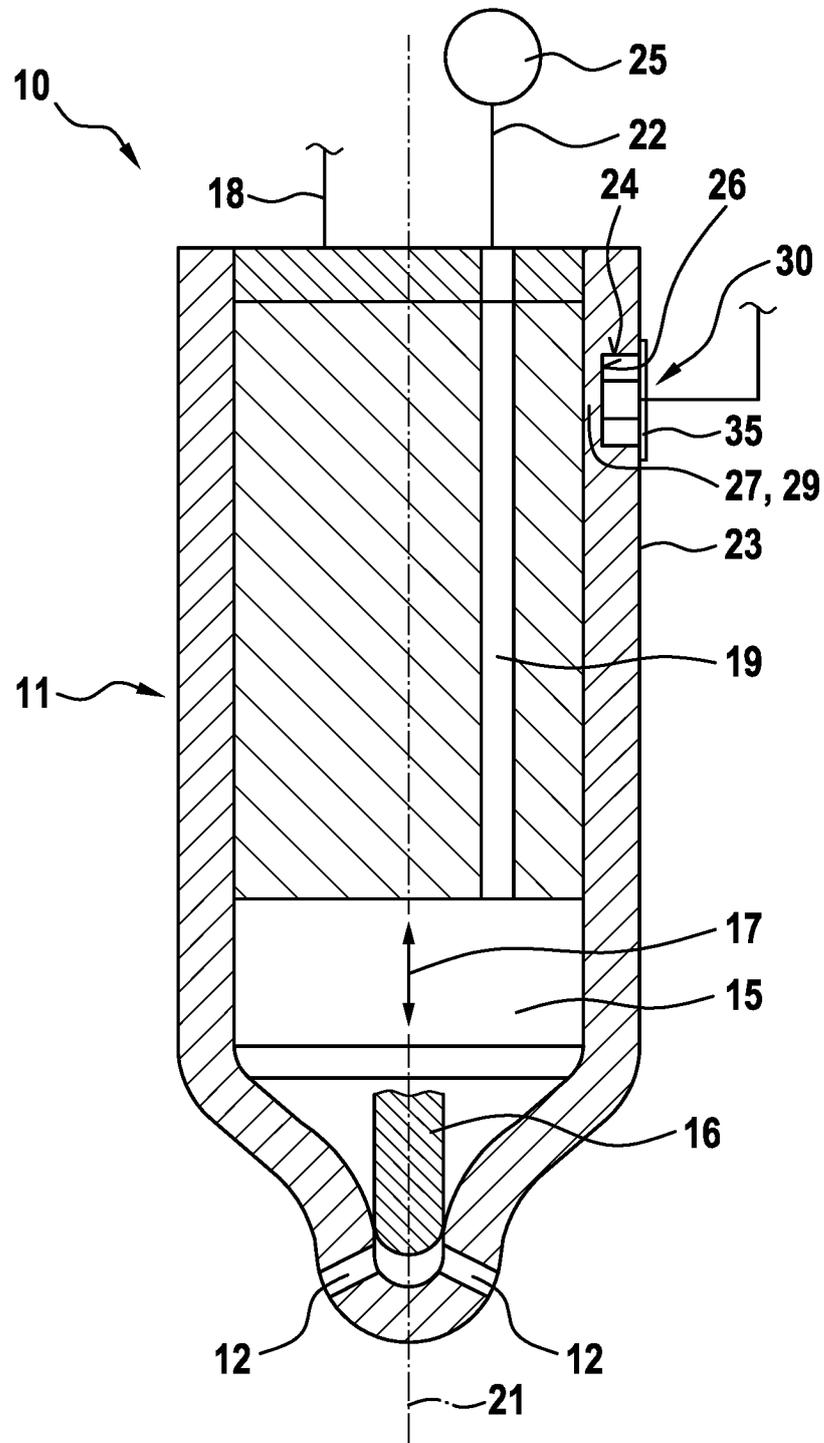
13. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gewichtung entsprechend der Flächenanteile der Teilbereiche (46, 48) erfolgt.

14. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass lediglich die Teilbereiche (46, 48) aufweisenden Elektroden-schichten (41, 42) mit einer elektronischen Schaltung (62) verbunden sind, und dass die elektronische Schaltung (62) dazu ausgebildet ist, die Spannung zwischen den Teilbereichen (46, 48) zu erfassen.

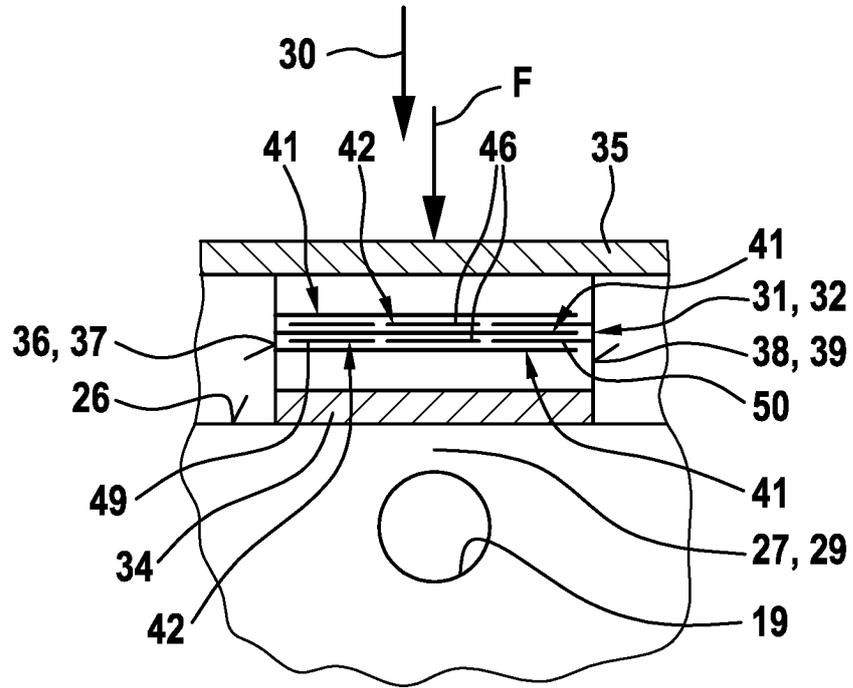
Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

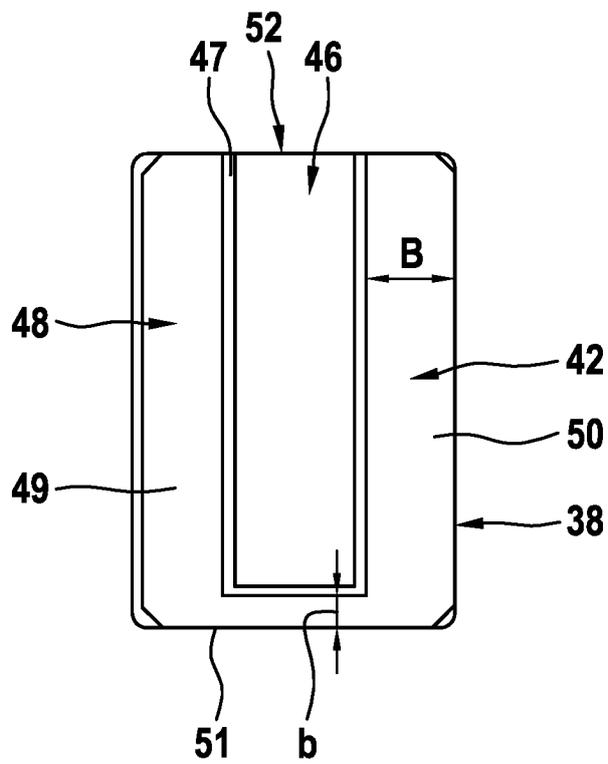
Fig. 1



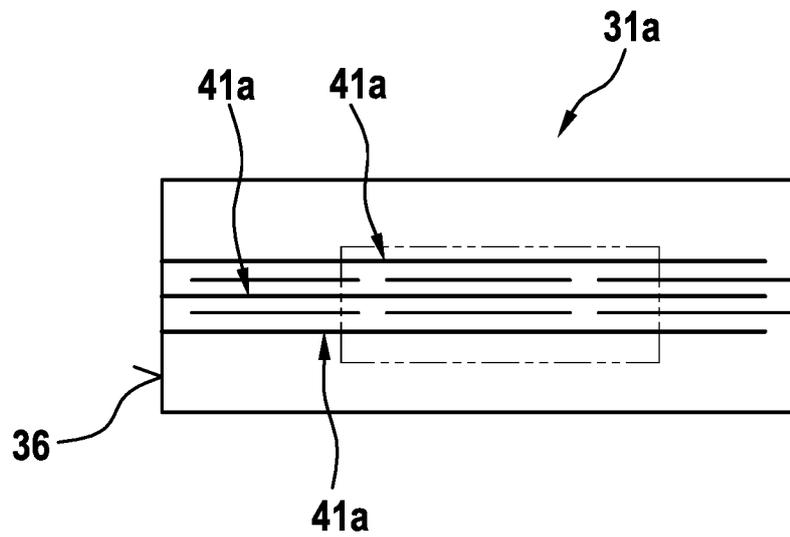
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**

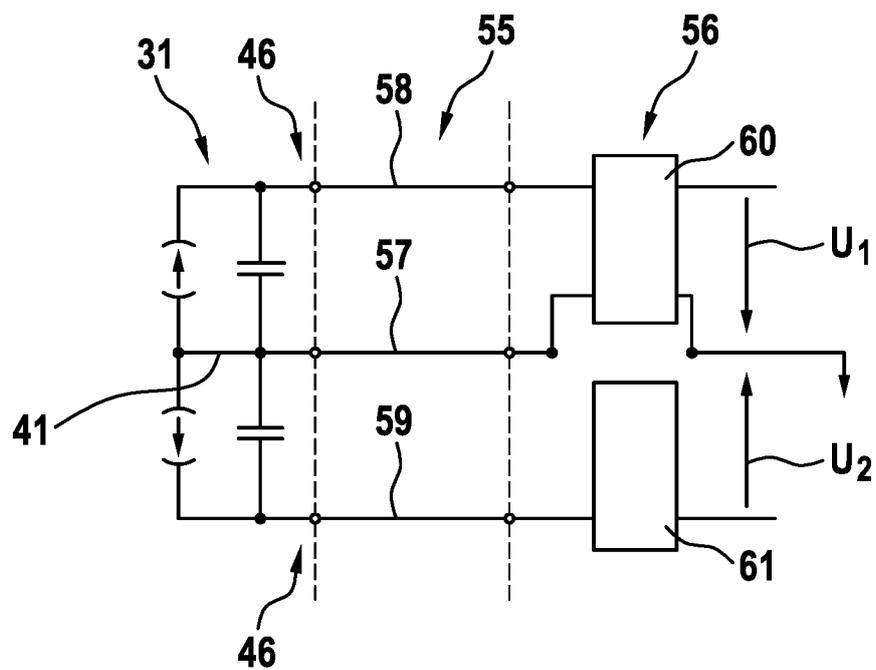


Fig. 6

