

(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. April 2012 (19.04.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/048762 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02P 9/00 (2006.01) **H01T 13/46** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/003093

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Juni 2011 (22.06.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 042 318.1
12. Oktober 2010 (12.10.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **BAYERISCHE MOTOREN WERKE AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Petuelring 130, 80809 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ZELLINGER, Franz** [DE/DE]; Hohenbrunnerstr. 3, 85579 Neubiberg (DE). **HOLZMANN, Josef** [AT/AT]; Sternenweg 1, A-5121 St. Radegund (AT). **SCHENK, Martin** [DE/DE]; Oberschlesienstrasse 17, 83024 Rosenheim (DE).

(74) Anwalt: **BMW AG**; Patentabteilung, AJ-3, 80788 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, KH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, 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: IGNITION SYSTEM WITH OPTIONAL AIR GAP IGNITION AND PARTIAL DISCHARGE IGNITION ACCORDING TO THE ENGINE LOAD

(54) Bezeichnung : ZÜNDANLAGE MIT WAHLWEISER LUFTFUNKEN-ZÜNDUNG UND TEILENTLADUNGS-ZÜNDUNG IN ABHÄNGIGKEIT DER MOTORLAST

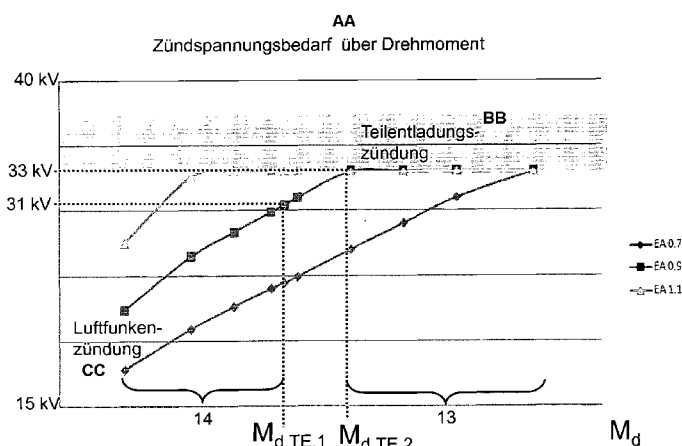


Fig. 4

AA...ignition voltage requirement by means of torque
BB...partial discharge ignition
CC...air gap ignition

(57) Abstract: The invention relates to an ignition system for an internal combustion engine that can be operated at different engine loads, i.e. different pressures and therefore different torques. The ignition system comprises means for producing an ignition voltage, for example an ignition coil. A spark plug is also provided. The ignition system is designed in such a way that the fuel-air mixture is ignited in the internal combustion engine in a first engine load range with a lower engine load than that of a second engine load range, by means of an entire low-resistance air gap produced by the spark plug, between a first electrode and a second electrode of the spark plug. In the second engine load range, the mixture is ignited, however, by a partial discharge gap produced by the spark plug. As the ignition takes place as a result of partial discharges in the (upper) second engine load range, the amount of ignition voltage in said engine load range is typically less than the voltage required in said load range for the flashover between the electrodes.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Zündanlage für einen bei unterschiedlichen Motorlasten, d. h. unterschiedlichen Drücken und damit unterschiedlichem Drehmoment, betreibbaren Verbrennungsmotor. Die Zündanlage umfasst Mittel zum Erzeugen einer Zündspannung, beispielsweise eine Zündspule. Ferner ist eine Zündkerze vorgesehen. Die Zündanlage ist derart eingerichtet, dass das Kraftstoff-Luft-Gemisch in dem Verbrennungsmotor in einem ersten Motorlastbereich mit im Vergleich zu einem zweiten Motorlastbereich niedrigerer Motorlast durch einen von der Zündkerze erzeugten niederohmigen, vollständigen Luftfunken zwischen einer ersten Elektrode und einer zweiten Elektrode der Zündkerze gezündet wird. In dem zweiten Motorlastbereich wird das Gemisch hingegen durch einen von der Zündkerze erzeugten Teilentladungsfunken gezündet. Da im (oberen) zweiten Motorlastbereich die Zündung über Teilentladungen stattfindet, ist die Zündspannung in diesem Motorlastbereich vom Betrag typischerweise unter der in diesem Lastbereich zum Funkendurchbruch zwischen den Elektroden notwendigen Spannung.

Zündanlage mit wahlweiser Luftfunken-Zündung und Teilentladungs-Zündung in Abhängigkeit der Motorlast

5

Die Erfindung betrifft eine Zündanlage für einen Verbrennungsmotor, welche Mittel zum Erzeugen einer Zündspannung und mindestens eine Zündkerze umfasst. Ferner betrifft die Erfindung eine Zündkerze für eine solche Zündanlage.

10

Bei einer gewöhnlichen Zündanlage mit Zündspule und Zündkerze wird die von der Batterie gelieferte elektrische Energie in der Zündspule gespeichert. Wenn der Stromfluss im Primärkreis der Zündspule unterbrochen wird (beispielsweise durch einen Schalttransistor), entsteht sekundärseitig eine so große Spannung, dass die Luftverbindung zwischen den beiden Elektroden der Zündkerze niederohmig wird (es bildet sich ein Plasma zwischen den Elektroden, das diese leitend verbindet) und ein heißer Luftfunke auf dem direkten Weg zwischen beiden Elektroden entsteht, der das Kraftstoff-Luft-Gemisch entzündet, das sich zwischen den Elektroden befindet.

20

Nachteilig an dem konventionellen Luftfunkenkonzept der Zündkerze ist, dass der Zündspannungsbedarf mit zunehmendem Motordruck und damit mit zunehmender Motorlast steigt. Nach dem sogenannten Paschen-Gesetz nimmt die benötigte Durchschlagspannung (d. h. der Zündspannungsbedarf) näherungsweise linear mit zunehmendem Produkt $p_{ZZP} \cdot EA$ aus Druck p_{ZZP} zum Zündzeitpunkt und Elektrodenabstand EA zu. Daraus ergibt sich, dass bei hohen Motordrücken, insbesondere bei hochaufgeladenen Brennverfahren, ein ausreichend hohes Zündspannungsangebot von der Zündspule bereitgestellt werden muss (z. B. 40 bis 50 kV). Die Bereitstellung eines hohen Zündspannungsangebots ist mit einer Vielzahl von Nachteilen

30

verbunden. So ergeben sich hierdurch erhöhte Kosten, ein vergrößerter Bauraum durch größere Spulen und Kerzen, Isolationsprobleme, ein erhöhter Verschleiß und damit verringerte Wechselintervalle und die Zunahme von Gleitfunken, die die Zündkerzen-Keramik schädigen und Zündaussetzer verursachen können.

Das benötigte Zündspannungsangebot ist laut dem Paschen-Gesetz umso kleiner, je kleiner der Abstand der Elektroden ist. Ein kleiner Abstand der Elektroden ist aber insbesondere bei geringer Motorlast hinderlich, da die Gemischzugänglichkeit geringer ist und durch den kleineren Funken die Entflammung erschwert wird. Daraus ergibt sich ein prinzipieller Zielkonflikt zwischen Teillast, bei welcher ein großer Elektrodenabstand (z. B. EA = 1.1 mm) von Vorteil ist, und Vollast, bei welcher ein geringer Elektrodenabstand (z. B. EA = 0,7 mm) zur Reduktion des Zündspannungsbedarfs führt.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Zündanlage und ein entsprechendes Zündverfahren für eine Zündanlage anzugeben, wobei der Zündspannungsbedarf bei hohem Motordruck im Vergleich zum konventionellen Luftfunkenkonzept reduziert ist und insbesondere für einen geringeren Druck noch ein ausreichend großen Elektrodenabstand vorhanden ist. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, eine entsprechende Zündkerze für die Zündanlage anzugeben.

Die Aufgaben werden durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft eine Zündanlage für einen bei unterschiedlichen Motorlasten, d. h. unterschiedlichen Drücken und damit unterschiedlichen Drehmomenten, betreibbaren Verbrennungsmotor. Die Zündanlage umfasst Mittel zum Erzeugen einer Zündspannung, beispielsweise eine Zündspule. Ferner ist eine Zündkerze vorgesehen.

Die Zündanlage ist derart eingerichtet, dass das Kraftstoff-Luft-Gemisch in dem Verbrennungsmotor in einem ersten Motorlastbereich mit im Vergleich zu einem zweiten Motorlastbereich niedrigerer Motorlast durch einen von der Zündkerze erzeugten Luftfunken zwischen einer ersten Elektrode und einer zweiten Elektrode der Zündkerze gezündet wird. In dem zweiten Motorlastbereich mit (im Vergleich zu dem ersten Motorlastbereich höherer Motorlast) wird das Gemisch hingegen durch einen von der Zündkerze erzeugten Teilentladungsfunken gezündet. Die Zündung muss nicht über einen einzelnen Teilentladungsfunken erfolgen, sondern kann auch durch mehrere Teilentladungsfunken erfolgen.

Da im (oberen) zweiten Motorlastbereich die Zündung über Teilentladungen stattfindet, ist die Zündspannung in diesem Motorlastbereich vom Betrag typischerweise unter der zum Funkendurchbruch zwischen den Elektroden notwendigen Spannung, wodurch der Zündspannungsbedarf bei Volllast reduziert werden kann.

Eine Teilentladung im Sinne der Anmeldung ist eine elektrische Entladung ohne vollständigen Funkendurchbruch. Es entsteht also im Unterschied zum Luftfunken kein vollständiger Plasmakanal, welcher zwei Elektroden niederohmig verbindet; es fließt im Wesentlichen kein Strom zwischen den Elektroden. Es fließt – wenn überhaupt - nur ein äußerst geringer Teil der Ladung, z. B. über „schnelle“ Elektronen, von der einen Elektrode zur anderen Elektrode ab. Beispiele für Teilentladungen sind Korona-Entladungen oder sogenannte dielektrisch-behinderte Entladungen an einem Dielektrikum (z. B. am Isolator der Zündkerze, bei z.B. denen ein Teil der Strecke durch einen Funkenkanal überbrückt ist, aber aufgrund der isolierenden Wirkung des Dielektrikums keine niederohmige Ankopplung auf Masse erfolgen und somit kein hoher Strom fließen kann). Solche Teilentladungen sind bei ausreichend hohem Druck zündfähig, ohne dass es

hierzu eines vollständig niederohmig leitenden und damit heißen Luftfunkendurchschlages bedarf.

Der Vorteil der Zündung über eine Teilentladung ist, dass bei hohem Druck
5 und damit hoher Motorlast der Zündspannungsbedarf für eine Zündung über eine Teilentladung geringer ist als der Zündspannungsbedarf für eine Zündung über einen Luftfunken. Hierdurch reduzieren sich die Kosten für die Zündspule, die Zündkerze und weiterer Komponenten des Zündsystems (beispielsweise für den Zündverteiler). So ist beispielsweise bei getesteten
10 konventionellen Zündkerzen bei hoher Motorlast ab ca. 31 kV ein Zünden über einen Teilentladungsfunken möglich, ohne dass es hierzu eines sehr geringen Elektrodenabstands bedarf. Bei geringer Motorlast kann die Zündung über einen gewöhnlichen Luftfunken erfolgen.

15 Die Motorlast abhängige Verwendung entweder einer Teilentladungs-Zündung oder eine Luftfunken-Zündung hat neben der Reduktion des benötigten Hochspannungsniveaus den Vorteil, dass ein größerer Elektrodenabstand für die Zündkerze verwendet werden kann; dies bringt Vorteile mit sich (insbesondere auch für den sogenannten Katheiz-Betrieb,
20 also die motorische Temperierung des Abgasnachbehandlungsstranges). Darüber hinaus kann das Zündkerzenwechselintervall vergrößert werden, da mit Alterung der Zündkerze und damit typischerweise einhergehender Vergrößerung des Elektrodenabstands keine Gefahr von Zündaussetzern bei hoher Motorlast besteht (die bei über der Lebensdauer zunehmendem
25 Elektrodenabstand bei konventioneller Luftfunken-Zündung ansonsten bestünde).

Die Zündkerze kann auch mehr als zwei Elektroden zur Erzeugung von niederohmigen Luftfunken aufweisen, insbesondere mehrere
30 Elektrodenpaare mit verschiedenen Elektrodenabständen.

Bei der Zündkerze kann es sich um eine konventionelle Zündkerze handeln, da auch bei konventionellen Zündkerzen im Allgemeinen ab einer bestimmten Spannung Teilentladungen stattfinden (ungefähr für die von der Anmelderin getesteten Zündkerzen ab 31 kV). Statt einer konventionellen
5 Zündkerze kann auch eine für die Teilentladungs-Zündung speziell angepasste Zündkerze verwendet werden.

Die Zündkerze sollte vorzugsweise die Eigenschaft haben, dass der Teilentladungsfunke nicht in der Tiefe des Atmungsraums der Zündkerze
10 entsteht, da ein derartiger Funke möglicherweise die Entflammung des Gemisches nicht auslösen kann. Stattdessen sollte die Zündkerze die Eigenschaft haben, dass der Teilentladungsfunke weiter oben im Atmungsraum, d.h. in Brennraumnähe, oder gar schon im Brennraum selbst entsteht.

15 Außerdem sollte die Zündkerze vorzugsweise die Eigenschaft haben, dass Gleitfunken möglichst vermieden werden, da diese im Unterschied zu Teilentladungen mit einem großen Stromfluss verbunden sind und zu Keramikschäden führen können. Außerdem können sich bei Gleitfunken
20 Zündaussetzern ergeben. Daher sollte die Zündkerze vorzugsweise die Eigenschaft haben, dass die Gleitfunkenwahrscheinlichkeit bei dem für die Teilentladung verwendeten Spannungswert gering ist. Vorzugsweise sollten für Motorlasten im ersten Motorlastbereich, im zweiten Motorlastbereich und einem etwaig dazwischen liegendem Motorlastbereich im Wesentlichen keine
25 Gleitfunken an der Zündkerze auftreten.

Bei Verwendung einer angepassten Zündkerze kann vorgesehen sein, dass die Zündkerze neben den beiden Elektroden für den Luftfunkendurchbruch eine zusätzliche Elektrode oder eine Elektroden zur Erzeugung einer
30 Teilentladung aufweist.

Vorzugsweise sieht die Zündanlage zum Erzeugen der Hochspannung eine Zündspule mit einer Primärwicklung (mit n_1 Windungen) und einer Sekundärwicklung (mit n_2 Windungen) vor. Das Steuergerät der Zündanlage steuert den Energieaufbau in der Zündspule so, dass im zweiten

5 Motorlastbereich das Zündspannungsangebot (d. h. die bei der gegebenen Zündspulenenergie maximal mögliche Hochspannung für die Zündung) bei dem jeweiligen Druck vom Betrag her unter der zum Funkendurchbruch zwischen den Elektroden notwendigen Spannung liegt. Es muss also vom Steuergerät vorgesehen werden, dass die Spulenenergie für den zweiten

10 Motorlastbereich nicht zu hoch gewählt wird, so dass ein normaler Funkendurchbruch stattfindet. Die Energie sollte also im zweiten Motorlastbereich so begrenzt sein, dass bei dem jeweiligen Motordruck die Hochspannung für eine normale Zündung durch einen niederohmigen Luftfunkendurchbruch nicht ausreicht.

15 Da für den ersten Motorlastbereich jedoch eine ausreichende Zündspulenenergie für eine bestimmte notwendige Luftfunkendauer vorhanden sein sollte, auf der anderen Seite im zweiten Motorlastbereich jedoch ein Luftfunkendurchbruch nicht stattfinden sollte, sollte das

20 Steuergerät vorzugsweise die Energieaufladung der Spule vor der Zündung so steuern oder regeln, dass die in der Zündspule vor dem Abbau des Magnetfeld gespeicherte Zündenergie im zweiten Motorlastbereich kleiner als in einem darunter liegenden Motorlastbereich, insbesondere in dem ersten Motorlastbereich, ist. Mit anderen Worten: das

25 Zündspannungsangebot sollte vorzugsweise im zweiten Motorlastbereich kleiner als in einem darunter liegenden Motorlastbereich, insbesondere in dem ersten Motorlastbereich, sein.

Dies kann durch verschiedene Maßnahmen oder eine Kombination dieser

30 Maßnahmen gewährleistet werden:

- Beispielsweise kann der Betrag des maximalen Primärstroms angepasst werden, welcher wiederum vom Ladewiderstand und der Ladespannung U_L abhängig ist. Der Primärruhestrom kann durch Änderung eines Ladewiderstands oder Änderung der Ladespannung verändert werden. So
- 5 kann beispielsweise der Ladewiderstand im oberen Motorlastbereich größer als im ersten Motorlastbereich sein. Alternativ kann beispielsweise die Ladespannung im zweiten Motorlastbereich kleiner als im ersten Motorlastbereich sein.
- 10 Außerdem ist es möglich, die Zündenergie durch Änderung der Ladezeit oder Schließzeit vom Schließen des Primärstromkreises bis zur Unterbrechung des Primärstromkreises zu verändern, wodurch der Betrag des Primärstroms im Zündzeitpunkt verändert werden kann. So kann beispielsweise im zweiten Motorlastbereich die Schließzeit geringer als im ersten Motorlastbereich
- 15 gewählt werden.

- Außerdem kann auch eine Strombegrenzung vorgesehen sein, wobei in diesem Fall beispielsweise der Wert der Strombegrenzung in Abhängigkeit der Motorlast M_d verändert wird (nämlich im oberen Motorlastbereich
- 20 vorzugsweise geringer als im unteren Motorlastbereich gewählt wird) oder die Strombegrenzung im oberen Motorlastbereich überhaupt erst aktiviert wird.

- Beispielsweise handelt es sich bei der Teilentladung um eine sogenannte
- 25 dielektrisch behinderte Entladung, d.h. die Entladung zwischen einer Elektrode und Masse wird durch ein zwischen Elektrode und Masse befindliches Dielektrikum, d.h. durch einen Isolator, behindert. Ein dielektrisch behinderter Entladungskanal kann bei einer Zündkerze beispielsweise zwischen der Masseelektrode und der die Mittelelektrode
- 30 umlaufenden Isolator-Keramik ab einer bestimmten Hochspannung entstehen und das Gemisch bei einem ausreichenden Zylinderdruck zünden.

Es handelt sich vorzugsweise um eine Zündkerze, welche eine Mittelelektrode als erste Elektrode und einen die Mittelelektrode umschließenden Isolator umfasst. Der Teilentladungsfunke kann dann beispielsweise als dielektrisch behinderter Entladungskanal im den Isolator umgebenden Bereich entstehen.

Alternativ kann aber auch ein Teilentladungsfunke an der Mittelelektrode entstehen, beispielsweise in der Nähe des oberen Endes der Keramik, insbesondere zwischen der Keramik und der Mittelelektrode. Ein Isolator ist zur Erzeugung des Teilentladungsfunkens nicht zwingend notwendig.

Bei der Zündkerze kann es sich beispielsweise um eine Zündkerze handeln, bei welcher eine Masseelektroden-Mittelektroden-Anordnung mit einer zusätzlichen Elektrode für die gezielte Erzeugung eines dielektrisch behinderten Entladungsfunkens kombiniert wird. Der Luftspalt zwischen der Masseelektrode und der Mittelelektrode ist vorzugsweise relativ groß, beispielsweise $EA \geq 1$ mm. Hierdurch wird eine gute Entflammung im ersten Motorlastbereich (beispielsweise Teillastbereich) ermöglicht. Im zweiten Motorlastbereich (beispielsweise Hochlast, Volllast und/oder Mittellast) zündet dann die Kerze nicht mehr über den klassischen Luftfunken, sondern über den dielektrisch behinderten Teilentladungsfunken.

Beispielsweise umfasst die Zündkerze neben der ersten Elektrode und der als Masseelektrode fungierenden zweiten Elektrode eine als Masseelektrode fungierende dritte Elektrode zur gezielten Erzeugung des dielektrisch behinderten Teilentladungsfunkens im Bereich zwischen dem Isolator und der dritten Elektrode, wobei die dritte Elektrode von der Außenfläche des Isolators durch einen Luftkanal beabstandet ist.

Hierbei sollte vorzugsweise durch Formung der dritten (zusätzlichen) Elektrode und des Zündkerzen-Isolators und/oder durch die Wahl des Abstands zwischen der dritten Elektrode zum Zündkerzen-Isolator im zweiten

Motorlastbereich ein elektrisches Feld dergestalt erzeugbar sein, dass ein ionisierter Luftkanal zwischen der Elektrode und dem Isolator auch bei hohen Druckwerten im Zündzeitpunkt entstehen kann (der ionisierte Kanal muss dabei aber nicht von der Elektrode zum Isolator reichen). Die Funkenstrecke
5 der Teilentladung ist aufgrund der isolierenden Wirkung des Isolators nicht niederohmig; der so entstehende Teilentladungsfunke reicht aber im zweiten Motorlastbereich (beispielsweise im Mittel- und/oder Hochlastbereich) zur Auslösung der Entflammung typischerweise aus.

10 Die dritte zusätzliche Elektrode kann eine auf den Isolator ausgerichtete Spitze oder eine der Isolatoroberfläche gegenüberliegende Fläche umfassen und/oder als ganz oder teilweise den Isolator umlaufender Ring ausgeführt sein.

15 Eine lokale Feldstärkenerhöhung aufgrund eines geringen Krümmungsradius, beispielsweise bei einer Spitze, begünstigt die Bildung einer dielektrisch behinderten Plasmaentladung.

Die dritte Elektrode schließt sich vorzugsweise an das Zündkerzengewinde
20 an und kann insbesondere mit dem Zündkerzengewinde einstückig ausgebildet sein.

Die Geometrie der dritten Elektrode sollte generell so ausgelegt sein, dass der dielektrisch behinderte Entladungsfunke auch bei den höchsten
25 auftretenden Zünd-Drücken des Motors entsteht. Hintergrund ist, dass bei steigender Teilchendichte und sonst gleichen Bedingungen in der Regel eine erhöhte Feldstärke zur Initiierung eines Plasmakanals oder Streamers in einem Gas erforderlich ist. Um diese bei höheren Zündichten nicht durch unnötig hohe Spannungen erzeugen zu müssen, kann die Geometrie der
30 Massenelektrode durch entsprechende Wahl der Krümmungsradien so ausgelegt sein, dass eine ausreichende inhomogene Feldüberhöhung lokal

an der Elektrode die Überschreitung der für die Plasmaentstehung kritische Grenzfeldstärke sicherstellt.

5 Damit sich der Teilentladungsfunke auf Höhe der dritten Elektrode ausbildet und nicht tiefer am Zündkerzengewinde im Atmungsraum der Zündkerze, ist der Abstand zwischen der dritten Elektrode und dem Isolator vorzugsweise kleiner als der Abstand zwischen dem Zündkerzengewinde und dem Isolator. Außerdem sollte der Abstand zwischen der dritten Elektrode und der ersten Elektrode vorzugsweise kleiner sein als der Abstand zwischen dem
10 Zündkerzengewinde und der ersten Elektrode.

Vorzugsweise wird – beispielsweise wie bei der vorstehend beschriebenen Zündkerze - ein Teilentladungsfunke, insbesondere ein dielektrisch behinderter Entladungsfunke, in einer entflammungsgünstigen Position im
15 Brennraum oder zumindest nahe dem Brennraum erzeugt und nicht in einer ungünstigen Position wie tief im Atmungsraum der Kerze.

Durch die Verlagerung des Teilentladungsfunkens aus dem Atmungsraum heraus in den Brennraum kann die thermische Belastung der Zündkerze
20 durch den Entflammungsvorgang reduziert werden. Weiterhin ist die Entflammung durch eine Teilentladung im Brennraum in der Regel wesentlich zuverlässiger als im Atmungsraum, da eine bessere Gemischzugänglichkeit bei gleichzeitig reduziertem Bauteilquenching gewährleistet ist.

25 Die Entstehung von Gleitfunken, die bei einer derartigen Elektrodenausführung zwischen der ersten Elektrode und der dritten Elektrode möglicherweise auftreten könnten und zu einem beschleunigten Verschleiß der Zündkerze führen könnten, lassen sich durch geeignete
30 Maßnahmen, wie eine entsprechende Formung des Isolators verhindert, oder doch zumindest reduzieren. So ist es Vorteil, wenn der Isolator an dessen Außenseite mindestens eine Kriechstrombarriere, z. B. eine Wulst, zur

Vermeidung von Gleitfunken zwischen der ersten Elektrode und der dritten Elektrode aufweist. Auch die gezielte Wahl der Polarität kann hier hilfreich sein.

- 5 Bei einer Teilentladung fließt im Unterschied zum normalen Luftfunken nicht die Ladung von einer Elektrode zu der anderen Elektrode ab. Stattdessen kann es bei einer Teilentladung zu einer Rückspeisung der Zündspulenergie in die Zündendstufe kommen. Insbesondere kann die über der Zündendstufe anliegende Spannung so hoch werden, dass die Zündendstufe durchbricht.
- 10 Hierdurch kann die Zündendstufe geschädigt werden oder in Ansteuerrichtung vor der Zündendstufe liegende Schaltungsteile negativ beeinträchtigt werden.

- Vorzugsweise ist die Zündanlage daher so eingerichtet, dass die bei einer
- 15 Teilentladung über der Zündendstufe anliegende Spannung unter der Grenze zum Durchbruch der Stufe bleibt.

- Dies kann dadurch realisiert werden, indem die Spulenenergie oder das Zündspannungsangebot der Zündspule verringert wird. Die Verringerung
- 20 kann beispielsweise dann stattfinden, wenn eine Teilentladung über einen sogenannten Teilentladungs-Detektor detektiert wurde.

- Alternativ zur Verringerung der von der Spule bereitgestellten Energie kann auch die Spannung dadurch begrenzt werden, indem ein niederohmiger Pfad
- 25 von der Zündendstufe zur Masse gebildet wird und die Spannung sich daher nicht weiter aufbauen kann. Hierzu kann beispielsweise ein zusätzliches Schaltmittel vorgesehen sein, welches rechtzeitig geschlossen wird.

- Zur Realisierung des Schutzes der Zündendstufe vor einem Durchbruch
- 30 kann ein Teilentladungs-Detektor verwendet, dessen Ausgangssignal bei Anzeige einer Teilentladung entsprechende Maßnahmen initiiert. Die Teilentladungs-Detektion kann insbesondere anhand einer Auswertung eines

Signals an einem Masseanschluss der Zündspule (z. B. des Signals an der sogenannten Klemme 1 einer Zündspule) erfolgen. Beispielsweise kann der Teilentladungs-Detektor prüfen, ob die Spannung an diesem Massenanschluss einen bestimmten Schwellwert überschreitet.

5

Der Teilentladungs-Detektor kann alternativ oder zusätzlich zur Steuerung des Schutzes der Zündendstufe auch für andere Steuerungsaufgaben oder Regelungsaufgaben im Zusammenhang mit der Teilentladungszündung verwendet werden. Beispielsweise kann das Signal des Teilentladungs-

10 Detektors dafür verwendet werden, das Zündspannungsangebot nach Detektion einer Teilentladung zu reduzieren oder generell anzupassen.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung ist auf ein Zündverfahren für eine Zündanlage mit mindestens einer Zündkerze und Mitteln zum Erzeugen einer

15 Zündspannung für die Zündkerze gerichtet. Das Kraftstoff-Luft-Gemisch in dem Verbrennungsmotor wird in einem ersten Motorlastbereich mit im Vergleich zu einem zweiten Motorlastbereich niedrigerer Motorlast durch einen von der Zündkerze erzeugten Luftfunken zwischen einer ersten Elektrode und einer zweiten Elektrode der Zündkerze gezündet. Das

20 Kraftstoff-Luft-Gemisch in dem Verbrennungsmotor wird in dem zweiten Motorlastbereich mit im Vergleich zu dem ersten Motorlastbereich höherer Motorlast durch einen von der Zündkerze erzeugten Teilentladungsfunken gezündet.

25 Die vorstehenden Ausführungen zur erfindungsgemäßen Zündanlage und deren vorteilhafte Ausführungsformen nach dem ersten Aspekt der Erfindung gelten in entsprechender Weise auch für das erfindungsgemäße Zündverfahren nach dem zweiten Aspekt der Erfindung.

30 Ein dritter Aspekt der Erfindung ist auf eine Zündkerze gerichtet, die eine erste und eine zweite Elektrode zur Erzeugung eines Luftfunkens zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode umfasst. Außerdem ist eine

dritte Elektrode oder eine Elektrodenspitze zur Erzeugung einer
 Teilentladung vorgesehen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist die erste Elektrode als
 5 Mittelelektrode ausgeführt. Die zweite Elektrode fungiert dann als
 Masseelektrode. Ferner umfasst die Zündkerze einen die Mittelelektrode
 umlaufenden Isolator. Die dritte Elektrode fungiert als Masseelektrode,
 welche von der Außenfläche des Isolators durch einen Luftkanal beabstandet
 ist. Die dritte Elektrode dient zur gezielten Erzeugung eines dielektrisch
 10 behinderten Teilentladungsfunkens im Bereich zwischen dem Isolator und der
 dritten Elektrode.

Von jeder der vorstehend genannten Elektroden können auch mehrere
 Elektroden vorhanden sein.

15 Die vorstehenden Ausführungen zu vorteilhaften Zündkerzen, die vorstehend
 im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Zündanlage gemacht
 wurden, gelten in entsprechender Weise auch für die erfindungsgemäße
 Zündkerze nach dem dritten Aspekt der Erfindung.

20 Die Erfindung wird nachfolgend unter Zuhilfenahme auf die beigefügten
 Zeichnungen anhand mehrerer Ausführungsbeispiele beschrieben. In diesen
 zeigen:

25 Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße
 Zündanlage;

Fig. 2 ein Beispiel für den Zusammenhang zwischen Zündspannungsbedarf
 und Drehmoment bei einer konventionellen Luftfunkenzündung;

30 Fig. 3 ein Foto eines Teilentladungsfunkens;

Fig. 4 ein Beispiel für den Zusammenhang zwischen Zündspannungsbedarf und Drehmoment bei einer Luftfunkenzündung im unteren Lastbereich und einer Teilentladungszündung im oberen Lastbereich;

- 5 Fig. 5 ein erstes Ausführungsbeispiel für eine Zündkerze zur Erzeugung sowohl von Luftfunken als auch Teilentladungsfunken;

Fig. 6 ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Zündkerze zur Erzeugung sowohl von Luftfunken als auch Teilentladungsfunken;

10

Fig. 7 ein drittes Ausführungsbeispiel für eine Zündkerze zur Erzeugung sowohl von Luftfunken als auch Teilentladungsfunken; und

- 15 Fig. 8 ein zweites Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Zündanlage.

In Fig. 1 ist ein Beispiel für eine erfindungsgemäße Zündanlage für einen Verbrennungsmotor, beispielsweise eines Kraftfahrzeugs, dargestellt. Die Zündanlage wird von einer Batterie 1, beispielsweise einer 12V-Batterie gespeist. Der Pluspol der Batterie 1 ist über einen Zündschalter 2 mit einer Zündspule verbunden. Die Zündspule 1 umfasst eine Primärwicklung 4 und eine Sekundärwicklung 5. Die Zündspule 3 dient der Erzeugung einer Zündhochspannung und ist mit einer Zündkerze 7a oder über einen Zündverteiler 6 mit mehreren Zündkerzen 7a-d verbunden. Die Zündspule 3 umfasst vier Klemmen: Klemme 15, Klemme 1, Klemme 4a und Klemme 4b (s. Kl 15, Kl 1, Kl 4a, Kl 4b in Fig. 1).

Zur Erzeugung der Zündhochspannung für die Zündkerze 7a schaltet ein Steuergerät 8 eine Zündungsendstufe 9 für eine bestimmte Schließzeit ein. Die Zündendstufe 9 entspricht einem elektronischen Schalter und umfasst typischerweise einen Transistor, beispielsweise einen IGBT (insulated-gate bipolar transistor). Die Zündendstufe 9 kann beispielsweise in dem

30

Steuergerät 8 oder in der Zündspule 3 integriert sein. Während der Schließzeit ist der Primärstromkreis geschlossen und der Betrag des Primärstroms in der Primärwicklung 4 steigt gegen die Gegeninduktionsspannung auf einen bestimmten Stromwert an, wobei ein
5 Magnetfeld in der Zündspule aufgebaut wird.

Durch Aufbau des Magnetfelds wird in dem Magnetfeld Energie gespeichert, deren Höhe von der Größe des Primärstroms und der Induktivität der Primärwicklung 4 abhängt. Gesteuert über das Steuergerät 8 unterbricht die
10 Zündendstufe 9 den Primärstromkreis, so dass der Stromfluss im Primärstromkreis unterbrochen wird. Das Magnetfeld bricht dabei zusammen, so dass in der Sekundärwicklung 5 ein großer Spannungswert induziert wird.

15 Die maximal mögliche Spannung auf der Sekundärseite (d. h. das sogenannte Zündspannungsangebot) ist abhängig von der Größe des Magnetfelds und damit typischerweise abhängig von dem Primärstrom beim Öffnen des Primärkreises.

20 Für einen konventionellen Luftfunkendurchbruch zwischen den Elektroden 21 und 20 in der Zündkerze muss das Zündspannungsangebot vom Betrag her mindestens so groß wie der sogenannte Zündspannungsbedarf (d. h. die für den Durchbruch notwendige Spannung) sein. Der Zündspannungsbedarf hängt von dem Zylinderdruck zum Zündzeitpunkt und damit unter anderem
25 von dem Drehmoment M_d , also der Motorlast, ab. Gemäß dem Gesetz von Paschen nimmt der Zündspannungsbedarf mit steigender Motorlast, d.h. steigendem Drehmoment zu. Außerdem nimmt gemäß dem Gesetz von Paschen der Zündspannungsbedarf mit abnehmendem Elektrodenabstand EA zwischen den Elektroden 21 und 20 ab. Fig. 2 zeigt drei beispielhafte
30 Verläufe der Zündspannung über dem Drehmoment M_d für drei verschiedene Elektrodenabstände $EA = 0,7 \text{ mm}$; $0,9 \text{ mm}$ und $1,1 \text{ mm}$. Durch den hohen Zündspannungsbedarf (z. B. 40 kV oder mehr) bei sehr hoher Motorlast

ergeben sich Isolationsprobleme in der Zündkerze, ein erhöhter Verschleiß der Zündkerze und die Gefahr von Gleitfunken.

Zur Reduzierung des Zündspannungsbedarfs für höhere Motorlasten wird vorgeschlagen, die Zündung für höhere Motorlastbereiche (beispielsweise ab Werte von 220-330 Nm) über einen Teilentladungsfunken statt über einen Luftfunkendurchbruch zu bewerkstelligen. Bei der Teilentladung entsteht im Unterschied zum Luftfunken kein niederohmiges Plasma. Zur Realisierung eines Teilentladungsfunkens kann eine für Teilentladungen vorgesehene zusätzliche Elektrode 22 in der Zündkerze 7a vorgesehen sein, die beispielsweise als Masseelektrode fungiert. Es kann aber auch eine Zündkerze ohne dediziert ausgeformte Zusatzelektrode 22 verwendet werden, da auch konventionelle Zündkerzen ab bestimmten Spannungswerten Teilentladungsfunken im Bereich um den Isolator erzeugen können.

Das Foto in Fig. 3 zeigt eine konventionelle Zündkerze mit Sicht auf die Mittelelektrode 21 (die Masseelektrode wurde für das Foto entfernt), wobei sich um den Isolator 23 der Zündkerze ein Teilentladungsfunke 50 gebildet hat.

Fig. 4 zeigt drei beispielhafte Verläufe für den Zündspannungsbedarf über dem Motordrehmoment M_d für drei verschiedene Elektrodenabstände $EA = 0,7 \text{ mm}$; $0,9 \text{ mm}$ und $1,1 \text{ mm}$ bei Verwendung von konventioneller Luftfunkenzündung im unteren Motorlastbereich und Teilentladungszündung im oberen Motorlastbereich. Bei der verwendeten Zündkerze handelt es sich um eine konventionelle Zündkerze ohne zusätzliche Elektrode für den Teilentladungsfunken.

Teilentladungsfunken zur Zündung lassen sich bei dem in Fig. 4 zugrundeliegenden Versuch im Wesentlichen ab ca. 31 kV erzeugen, diese Zündspannung entspricht dem Zündspannungsbedarf bei einer Motorlast $M_{d,TE,1}$ (s. $M_{d,TE}$ für $EA = 0,9 \text{ mm}$ in Fig. 3). Ab diesem Drehmoment $M_{d,TE,1}$

- kann bereits eine Zündung über einen Teilentladungsfunken stattfinden. Das tatsächliche Drehmoment M_d , ab dem reine Teilentladungszündung ohne die Möglichkeit eines niederohmigen Luftfunkens stattfindet, hängt von dem gelieferten Zündspannungsangebot der Spule 3 ab. In dem in Fig. 3
- 5 dargestellten Beispiel ist das Zündspannungsangebot der Zündspule 3 auf ca. 33 kV begrenzt. Für Drehmomente größer $M_{d,TE,2}$, also im Motorlastbereich 13 reicht das begrenzte Zündspannungsangebot nicht aus, um einen niederohmigen Luftfunkendurchbruch zu erzeugen; die Zündung findet für Motorlasten größer $M_{d,TE,2}$ dann über Teilentladungsfunken statt.
- 10 Das Zündspannungsangebot liegt im Motorlastbereich 13 für Motorlasten größer $M_{d,TE,2}$ also vom Betrag her unter der zum Funkendurchbruch zwischen den Elektroden 21 und 20 notwendigen Spannung (vgl. Fig. 2 mit Fig. 3).
- 15 In einem Zwischenbereich von $M_{d,TE,1}$ und $M_{d,TE,2}$ kann die Zündung entweder über Luftfunken oder Teilentladungsfunken stattfinden. Durch eine weitere Begrenzung des Zündspannungsangebots kann dieser Zwischenbereich verringert oder im Wesentlichen ganz aufgehoben werden, wenn das Zündspannungsangebot auf die für die Teilentladung notwendige Spannung
- 20 (hier: ca. 31 kV) oder leicht darüber begrenzt wird. Im Motorlastbereich 14 unter der Motorlast $M_{d,TE,1}$ findet Luftfunkenzündung statt.
- Bei der Zündstrategie sollten vorzugsweise Gleitfunken an der Zündkerze vermieden werden. Die Wahrscheinlichkeit für Gleitfunken hängt von dem
- 25 Zündspannungsangebot und dem Kerzentyp ab. Bei ungünstigen Zündkerzentypen entstehen bereits bei Spannungswerten kleiner als die notwendige Spannung für Teilentladungsfunken Gleitfunken (beispielsweise ab 25 kV). Vorzugsweise wird jedoch ein solcher Zündkerzentyp verwendet, bei dem die Gleitfunkenwahrscheinlichkeit bis zur maximal auftretenden
- 30 Zündspannung (33 kV in Fig. 3) gering ist (z. B. 1 % oder geringer ist). Der Gleitfunkenbereich sollte also durch einen entsprechend nach oben ausgedehnten Luftfunkenbereich überdeckt sein; zwischen normaler

Luftzündung und Teilentladungszündung sollte also kein Bereich mit Gleitfunkenzündung liegen.

5 Gleitfunken können durch ein entsprechend angepasstes Kerzendesign und die Verwendung einer geeigneten Polarität (z. B. positive Polarität, d.h. ein positives Potential an der Elektrode 21) verhindert werden. Von großer Bedeutung hierfür sind beispielsweise das Design zwischen Mittelelektrode und Keramik, die Kantenübergänge im Atmungsraum und die Oberflächenbeschaffenheit (Porosität) der Keramik.

10

Wie vorstehend beschrieben, sollte das Zündspannungsangebot im Lastbereich der Teilentladungszündung so gewählt sein, dass es unter der jeweils für den Funkendurchbruch notwendigen Spannung liegt. Die Spulenenergie darf also nicht zu hoch gewählt werden. Umgekehrt muss
15 aber für den Lastbereich mit Luftfunkenzündung das Zündspannungsangebot und die Energie groß genug gewählt werden, dass einerseits ein Funkendurchbruch entsteht und andererseits die Funkendauer für eine sichere Zündung ausreicht. Die in der Zündspule gespeicherte Energie (und damit das Zündspannungsangebot) wird daher von dem Steuergerät 8
20 tendenziell im oberen Motorlastbereich 13 größer als im unteren Motorlastbereich 14, insbesondere im oberen Teil des unteren Motorlastbereichs 14, eingestellt.

Dazu stellt das Steuergerät 8 die Spulenenergie und damit auch das
25 Zündspannungsangebot in Abhängigkeit der jeweiligen Motorlast ein. Die Anpassung der Spulenenergie in Abhängigkeit der Motorlast kann auf verschiedene Weisen erfolgen.

Beispielsweise kann der Betrag des maximalen Primärstroms angepasst
30 werden, welcher wiederum vom Ladewiderstand und der Ladespannung abhängig ist. Der maximale Primärstrom kann durch Änderung eines Ladewiderstands oder Änderung der Ladespannung verändert werden. So

kann beispielsweise der Ladewiderstand im oberen Motorlastbereich größer als im ersten Motorlastbereich sein. Alternativ kann beispielsweise die Ladespannung im zweiten Motorlastbereich kleiner als im ersten Motorlastbereich sein.

5

Außerdem ist es möglich, die Zündenergie durch Änderung der Ladezeit vom Schließen des Primärstromkreises bis zur Unterbrechung des Primärstromkreises zu verändern, wodurch der Betrag des Primärstroms im Zündzeitpunkt verändert werden kann. So kann beispielsweise im zweiten

10 Motorlastbereich die Ladezeit geringer als im ersten Motorlastbereich gewählt werden.

Es kann eine Strombegrenzung vorgesehen sein, wobei in diesem Fall beispielsweise der Wert der Strombegrenzung in Abhängigkeit der Motorlast

15 M_d verändert wird (nämlich im oberen Motorlastbereich 13 geringer als im unteren Motorlastbereich 14) oder die Strombegrenzung im oberen Motorlastbereich 13 überhaupt erst aktiviert wird.

Es sollte vorzugsweise eine Spule gewählt werden, deren

20 Spannungsangebot vom maximal auftretenden Primärstrom und/oder von der Ladezeit abhängig ist.

Durch die gezielte Bildung von Teilentladungen zur Zündung im oberen Motorlastbereich 13 ist es also möglich, den maximal nötigen

25 Zündspannungsbedarf zu verringern, da die Zündung im oberen Motorlastbereich 13 nicht durch einen normalen Funkendurchschlag, sondern durch einen Teilentladungsfunken erfolgt.

Das Zündsystem kann statt als Gleichstrom- auch als

30 Wechselstromzündsystem realisiert werden.

Bei der Zündkerze 7a kann es sich um eine klassische Zündkerze oder um eine speziell für Teilentladungen angepasste Zündkerze handeln.

Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Zündkerze 7a mit

- 5 Zusatzelektrode 22, wobei eine konventionelle Anordnung umfassend eine Masseelektrode 20 und eine Mittelelektrode 21 mit einer Zusatzelektrode 22 zu gezielten Erzeugung eines Teilentladungsfunkens kombiniert wird. Zwischen der Masseelektrode 20 und der Mittelelektrode 21 befindet sich der Elektrodenabstand EA, welcher der Luftfunkenstrecke entspricht.
- 10 Vorzugsweise wird ein großer Elektrodenabstand EA gewählt, beispielsweise $EA \geq 1 \text{ mm}$, insbesondere $EA \geq 1,3 \text{ mm}$. Hierdurch wird eine gute Entflammung im unteren Motorlastbereich 14 ermöglicht.

- Die Zündkerze umfasst ferner einen die Mittelelektrode 21 umlaufenden
- 15 Isolator 23, welcher vorzugsweise eine oder mehrere Kriechstrombarrieren 24 zur Vermeidung von Gleitfunken umfasst. Der Isolator 23 ist beispielsweise aus einem Keramikmaterial hergestellt.

- In dem oberen Motorlastbereich 13 zündet die Zündkerze nicht mehr über
- 20 den klassischen Luftfunken, sondern über einen dielektrisch behinderten Teilentladungsfunken. Bei der Zusatzelektrode 22 handelt es sich um eine Masseelektrode, welche von der Außenfläche des Isolators durch einen Luftkanal 25 beabstandet ist, in welchem sich eine dielektrisch behinderte Entladung ausbilden kann. Der Luftkanal 25 bildet eine Funkenstrecke für die
- 25 dielektrisch behinderte Entladung.

- Die Zusatzelektrode 22 schließt sich an ein den Isolator 23 umlaufendes Zündkerzengewinde 26 an, welches auf Massepotential liegt. Für eine gezielte Erzeugung des Teilentladungsfunkens im Bereich der
- 30 Zusatzelektrode 22 kann der Abstand zwischen dem Zündkerzengewinde 26 und dem Isolator 23 größer gewählt werden als der Abstand zwischen der Zusatzelektrode 22 und dem Isolator 23.

Durch die Verwendung einer Zusatzelektrode 22 kann der dielektrisch behinderte Teilentladungsfunke statt im Atmungsraum 28 jenseits der Brennraumgrenze 27 erzeugt werden, wodurch die thermische Belastung der Zündkerze reduziert wird und die Gemisch-Entflammung verbessert wird.

Die Zusatzelektrode kann die Mittelelektrode ganz oder teilweise umlaufen. Außerdem kann die Zusatzelektrode 22 statt mit einem flachen Ende auch mit einer Spitze ausgeführt sein (s. Fig. 6).

10

Die Entstehung des Luftfunkens und des dielektrische behinderten Entladungsfunkens kann generell durch die Polarität, die Spannungsanstiegs-Geschwindigkeit, die Elektrodengeometrien (insbesondere die Krümmungsradien und Bauteilproportionen) und Werkstoffauswahl (Keramik zur Erzeugung einer dielektrische behinderten Entladung) gezielt beeinflusst werden und an das Motorkennfeld adaptiert werden. Auch die Entstehungstendenzen der beiden Funkentypen relativ zueinander können durch diese Maßnahmen ebenfalls gezielt beeinflusst werden.

20

Bei einer konventionellen Zündkerze, bei der auf eine Zusatzelektrode 22 verzichtet wird, kann auf ähnliche Weise wie bei der Zündkerze in Fig. 5 auch ein Teilentladungsfunke im Bereich um den Isolator 23 entstehen. Die Zündkerze sollte dafür vorzugsweise so ausgestaltet sein, dass der Teilentladungsfunke im oberen Bereich des Atmungsraums 28 nahe der Brennraumgrenze 27 oder gar bereits im Brennraum entsteht, um eine leichte Entflammung des Gemisches zu ermöglichen. Der Teilentladungsfunke kann auch im Brennraum am oberen Bereich der Mittelelektrode entstehen, beispielsweise in der Nähe des oberen Endes der Keramik 23, insbesondere zwischen der Keramik 23 und der Mittelelektrode 21 (s. Bezugszeichen 29 in Fig. 6).

30

Statt den vorstehend gezeigten Ausführungsformen für die Zündkerze kann auch eine klassische Elektrodenanordnung zur funktionalen Abdeckung der Zündung in einem niedrigen Motorlastbereich mit einer Korona-Entladungs-
tauglichen Elektrodenspitze 30 für die Zündung in einem hohen
5 Motorlastbereich kombiniert werden. Statt eines dielektrisch behinderten Teilentladungsfunken erzeugt eine solche Zündkerze einen Teilentladungsfunken in Form einer Korona-Entladung. Die Entstehung des Luftfunkens und die Entstehung der Korona-Entladung können unter anderem durch die Polarität, die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit, die
10 Elektrodengeometrie (insbesondere die Krümmungsradien und Bauteilproportionen) und Werkstoffstoffauswahl erfolgen.

Ein Beispiel für eine Zündkerze mit Massenelektrode 20, Mittelelektrode 21 mit Elektrodenspitze 30 und Isolator 23 ist in Fig. 7 dargestellt. Die Mittelelektrode
15 21 ist vorzugsweise rund und umfasst vorzugsweise eine umlaufende Edelmetallarmierung 31. Die Edelmetallarmierung 23 fungiert als Verschleißschutz, da der Grundwerkstoff zu schnell verschleißt. Für die Edelmetallarmierung wird beispielsweise ein Platinring aufgeschlumpft und dann verschweißt. Vorzugsweise werden für den Teillastbereich der
20 Elektrodenabstand EA und der Durchmesser D der Mittelelektrode groß gewählt. Der Abstand A zwischen dem Ende der Mittelelektrodenspitze 30 und der Massenelektrode 20 bestimmt die Ausbildung der Korona-Entladung im Hochlastbereich.

25 Bei einer Teilentladung fließt im Unterschied zum normalen Luftfunken nicht ein merklicher Teil der Ladung von einer Elektrode zu der anderen Elektrode ab. Stattdessen kann es bei einer Teilentladung zu einer Rückspeisung der Zündspulenergie in die Zündendstufe kommen. Insbesondere kann - wenn der Schalter der Zündendstufe 9 offen ist - die über der Zündendstufe
30 anliegende Spannung (d. h. die Spannung zwischen Kl. 1 und Masse) so hoch (z. B. größer 400 V) werden, dass der Schalttransistor (z. B. IGBT) der Zündendstufe 9 durchbricht und leitet (es also zur sogenannten Klammerung

kommt). Hierdurch kann die Zündendstufe 9 oder in dem Steuergerät 8 vor der Zündendstufe 9 liegende Schaltungsteile geschädigt werden.

Eine Möglichkeit besteht darin, eine Zündendstufe 9 mit einem
5 Schalttransistor vorzusehen, der trotz Rückspeisung der Zündspulenenergie keinen Schaden nimmt. Beispielsweise kann die Gesamtenergie inklusive der rückgespeiste Energie für eine Teilladungszündung 300 mJ betragen. Der Schalttransistor kann so ausgelegt sein, dass der Schalttransistor die Energie ohne Schaden verträgt.

10

Alternativ können Maßnahmen ergriffen werden, um einen Defekt durch rückgespeiste Zündspulenenergie auszuschließen.

15

Beispielsweise kann durch eine Erkennung und Steuerung der Teilentladung, zum Beispiel über eine Auswertung des Signals an Kl 1, die Energierückspeisung reduziert oder gar fast vollständig vermieden werden. Dies kann durch eine Reduktion des Zündspannungsangebots erfolgen.

20

Vorzugsweise ist die Zündanlage eingerichtet, dass die bei einer Teilentladung über der Zündendstufe 9 anliegende Spannung unter der Grenze zum Durchbruch des Schalttransistors der Zündendstufe 9 bleibt.

25

Dies kann dadurch realisiert werden, dass die Spulenenergie oder das Zündspannungsangebot der Zündspule während des Betriebs verringert wird. Die Verringerung kann beispielsweise dann stattfinden, nachdem eine Teilentladung über einen sogenannten Teilentladungs-Detektor 40 detektiert wurde, wie dies in Fig. 8 dargestellt ist. Das Detektorsignal des Teilentladungs-Detektors 40 wird dazu in das Steuergerät 8 gespeist. Die verringerte Spulenenergie oder das verringerte Zündspannungsangebot
30 gelten dann beispielsweise für die nächste Zündung nach Detektion einer Teilladung.

- Die Teilentladungs-Detektion kann beispielsweise anhand einer Auswertung an einem Masseanschluss der Zündspule (z. B. anhand des Signals an der Klemme 1 der Zündspule 3) erfolgen. Beispielsweise kann der Teilentladungs-Detektor 40 prüfen, ob die Spannung an dem
- 5 Masseanschluss einen bestimmten Schwellwert (z. B. 400 V) überschreitet. Der Teilentladungs-Detektor 40 kann beispielsweise eine gewisse Zeitdauer warten, nachdem die Zündendstufe geöffnet wird. Nach der Zeitdauer misst der Teilentladungs-Detektor 40 dann die anliegende Spannung und prüft, ob diese über dem Schwellwert liegt.
- 10 Alternativ zur Verringerung der von der Spule bereitgestellten Energie kann auch die Spannung dadurch begrenzt werden, dass ein niederohmiger Pfad von Kl 1 zur Masse gebildet wird und die Spannung sich daher nicht weiter aufbauen kann. Hierzu kann beispielsweise ein zusätzliches Schaltmittel 41
- 15 (beispielsweise ein IGBT) vorgesehen werden, welcher rechtzeitig geschlossen wird. Es wäre auch denkbar, den Schalttransistor der Zündendstufe 9 rechtzeitig wieder zu schließen. Die Ansteuerung des Schaltmittels 41 oder des Schalttransistors der Zündendstufe 9 über das Steuergerät 8 erfolgt beispielsweise bei Erkennung einer Teilentladung durch
- 20 den Teilentladungs-Detektor 40. Die Schutzmaßnahme kann bereits für die soeben erkannte Teilentladung durchgeführt werden. Das Schaltmittel 41 bzw. der Schalttransistor der Zündendstufe sollten vorzugsweise nur kurz geschlossen werden, so dass es nicht zur Aufladung der Spule kommt.
- 25 Statt einen Teilentladungs-Detektor 40 zur Detektion einer Teilentladung zu verwenden, kann auch vorgesehen werden, dass in Motorlastbereichen mit Teilentladungszündung eine der vorstehend beschriebenen Maßnahmen „blind“ erfolgt, d.h. ohne zu prüfen, ob tatsächlich eine Teilentladungszündung erfolgt ist.

Patentansprüche

- 5 1. Zündanlage für einen bei unterschiedlichen Motorlasten betreibbaren
Verbrennungsmotor, umfassend
- Mittel (3) zum Erzeugen einer Zündspannung für eine Zündkerze (7a) und
 - eine Zündkerze (7a),
- 10 wobei die Zündanlage derart eingerichtet ist, dass
- Kraftstoff-Luft-Gemisch in dem Verbrennungsmotor in einem ersten Motorlastbereich (14) mit im Vergleich zu einem zweiten Motorlastbereich (13) niedrigerer Motorlast durch einen von der Zündkerze (7a) erzeugten niederohmigen Luftfunken zwischen einer ersten Elektrode (21) und einer zweiten Elektrode (20) der Zündkerze gezündet wird, und
 - Kraftstoff-Luft-Gemisch in dem Verbrennungsmotor in dem zweiten Motorlastbereich (13) mit im Vergleich zu dem ersten Motorlastbereich (14) höherer Motorlast durch einen von der Zündkerze (7a) erzeugten Teilentladungsfunken (50) und nicht über einen niederohmigen Luftfunken gezündet wird.
- 15 2. Zündanlage nach Anspruch 1, wobei die Zündspannung im zweiten Motorlastbereich (13) vom Betrag her unter der zum
- 20 Funkendurchbruch zwischen den beiden Elektroden (20, 21) notwendigen Spannung liegt.
- 25 3. Zündanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Mittel (3) zum Erzeugen einer Hochspannung eine Zündspule (3) mit einer Primärwicklung (4) und einer Sekundärwicklung (5) umfassen, und
 - das Zündspannungsangebot der Zündspule (3) im zweiten Motorlastbereich (13) so gewählt ist, dass das
5 Zündspannungsangebot vom Betrag her unter der zum niederohmigen Funkendurchbruch notwendigen Spannung liegt.
4. Zündanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- 10 - die Mittel (3) zum Erzeugen einer Hochspannung eine Zündspule (3) mit einer Primärwicklung (4) und einer Sekundärwicklung (5) umfassen, und
 - die Zündanlage eingerichtet ist, dass die in der Zündspule (3) gespeicherte Energie im zweiten Motorlastbereich (13) geringer als
15 in einem unter dem zweiten Motorlastbereich (13) liegenden Motorlastbereich, insbesondere im ersten Motorlastbereich (14), ist.
5. Zündanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- 20 - die Mittel (3) zum Erzeugen einer Hochspannung eine Zündspule (3) mit einer Primärwicklung (4) und einer Sekundärwicklung (5) umfassen, und
 - die Zündanlage eingerichtet ist, dass
 - bei Unterbrechung des Primärstromkreises der Betrag des
25 Primärstroms der Primärwicklung (4) im zweiten Motorlastbereich (13) geringer als der Betrag des Primärstroms in einem unter dem zweiten Motorlastbereich (13) liegenden Motorlastbereich ist, insbesondere geringer als im ersten Motorlastbereich (14).
- 30
6. Zündanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im ersten Motorlastbereich (14), im zweiten Motorlastbereich (14) und in

einem etwaigen Bereich zwischen dem ersten Motorlastbereich (14) und dem zweiten Motorlastbereich (13) im Wesentlichen keine Gleitfunken an der Zündkerze (7a) auftreten.

- 5 7. Zündanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zündkerze eine Mittelelektrode (21) als erste Elektrode und einen die Mittelelektrode (21) umschließenden Isolator (23) umfasst und der Teilentladungsfunke (50) insbesondere ein dielektrisch behinderter Teilentladungsfunke im Bereich um den Isolator (23) oder ein
10 Teilentladungsfunke an der Mittelelektrode ist.
- 15 8. Zündanlage nach Anspruch 7, wobei die Zündkerze (7a) neben der ersten Elektrode (21) und der als Masseelektrode (20) fungierenden zweiten Elektrode eine als Masseelektrode fungierende dritte Elektrode (22) zur gezielten Erzeugung eines dielektrisch behinderten Teilentladungsfunkens (50) im Bereich zwischen dem Isolator (23) und der dritten Elektrode (22) umfasst, wobei die dritte Elektrode (22) von der Außenfläche des Isolators durch einen Luftkanal (25) beabstandet ist.
20
- 25 9. Zündanlage nach Anspruch 8, wobei die dritte Elektrode (22) eine auf den Isolator (23) ausgerichtete Spitze, Schneide oder eine der Isolatoroberfläche gegenüberliegende Fläche umfasst und/oder als ganz oder teilweise den Isolator umlaufender Ring ausgeführt ist.
- 30 10. Zündanlage nach einem der Ansprüche 8-9, wobei
- sich die dritte Elektrode (22) an ein den Isolator (23) umlaufendes Zündkerzengewinde (26) anschließt und
 - zumindest am Ende des Zündkerzengewindes (26) der Abstand zwischen dem Zündkerzengewinde (26) und dem Isolator (23) oder der Mittelelektrode (21) größer ist als der Abstand zwischen der

dritten Elektrode (22) und dem Isolator (23) bzw. der Mittelelektrode (21).

- 5 11. Zündanlage nach einem der Ansprüche 8-10, wobei der Isolator (23) an dessen Außenseite mindestens eine Kriechstrombarriere (24) zur Vermeidung von Gleitfunken zwischen der Mittelelektrode (21) und der dritten Elektrode (22) aufweist.
- 10 12. Zündanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur Erzeugung des Teilentladungsfunkens die Zündkerze eine dritte Elektrode (22) oder eine Korona-taugliche Elektrodenspitze (30) umfasst.
- 15 13. Zündanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- die Mittel (3) zum Erzeugen einer Hochspannung eine Zündspule (3) mit einer Primärwicklung (4) und einer Sekundärwicklung (5) umfassen,
 - die Zündanlage eine Zündendstufe (9) zum Schalten des

20 Primärstroms umfasst und

 - die Zündanlage eingerichtet ist, dass im Fall einer Teilentladungszündung die über der Zündendstufe (9) anliegende Spannung vom Betrag her unter der Grenze zum Durchbruch der Endstufe (9) bleibt.
- 25 14. Zündanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- die Mittel (3) zum Erzeugen einer Hochspannung eine Zündspule (3) mit einer Primärwicklung (4) und einer Sekundärwicklung (5)

30 umfassen,

 - die Zündanlage eine Zündendstufe (9) zum Schalten des Primärstroms umfasst und

- die Zündanlage eingerichtet ist, dass im Fall einer Teilentladungszündung die Spulenenergie oder das Zündspannungsangebot der Zündspule (3) verringert wird.

5 15. Zündanlage nach Anspruch 13, wobei die an der Zündendstufe (9) anliegende Spannung durch Schließen eines niederohmigen Pfades zur Masse begrenzt wird, insbesondere durch Schließen eines zusätzlichen Schaltmittels (41).

10 16. Zündanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zündanlage einen Teilentladungs-detektor (40) umfasst, welcher insbesondere eingerichtet ist, die Detektion anhand einer Auswertung eines Signals an einem Masseanschluss (Kl 1) der Zündspule (3) durchzuführen.

15 17. Zündverfahren für eine Zündanlage mit mindestens einer Zündkerze (7a) und Mitteln (3) zum Erzeugen einer Zündspannung für die Zündkerze (7a), wobei die Zündanlage für einen bei unterschiedlichen Motorlasten betreibbaren Verbrennungsmotor ist, wobei

- 20 - Kraftstoff-Luft-Gemisch in dem Verbrennungsmotor in einem ersten Motorlastbereich (14) mit im Vergleich zu einem zweiten Motorlastbereich (13) niedrigerer Motorlast durch einen von der Zündkerze (7a) erzeugten niederohmigen Luftfunken zwischen einer ersten Elektrode (21) und einer zweiten Elektrode (20) der
- 25 Zündkerze gezündet wird, und
- Kraftstoff-Luft-Gemisch in dem Verbrennungsmotor in dem zweiten Motorlastbereich (13) mit im Vergleich zu dem ersten Motorlastbereich (14) höherer Motorlast durch einen von der Zündkerze erzeugten Teilentladungsfunken (50) und nicht durch
- 30 einen Luftfunken gezündet wird.

18. Zündkerze (7a) für eine Zündanlage, umfassend

- eine erste (21) und eine zweite Elektrode (20) zur Erzeugung eines Luftfunken zwischen der ersten Elektrode (21) und der zweiten Elektrode (20) und
 - eine dritte Elektrode (22),
- 5 wobei
- die erste Elektrode (21) als Mittelelektrode ausgeführt ist,
 - die zweite Elektrode (20) als Masseelektrode fungiert,
 - die Zündkerze (7a) ferner einen die Mittelelektrode (21) umlaufenden Isolator (23) umfasst,
- 10
- die dritte Elektrode (22) als Masseelektrode fungiert, welche von der Außenfläche des Isolators (23) durch einen Luftkanal (25) beabstandet ist, und
 - die dritte Elektrode (22) zur Erzeugung eines dielektrisch behinderten Teilentladungsfunkens (50) im Bereich zwischen dem
- 15 Isolator (23) und der dritten Elektrode (22) dient.

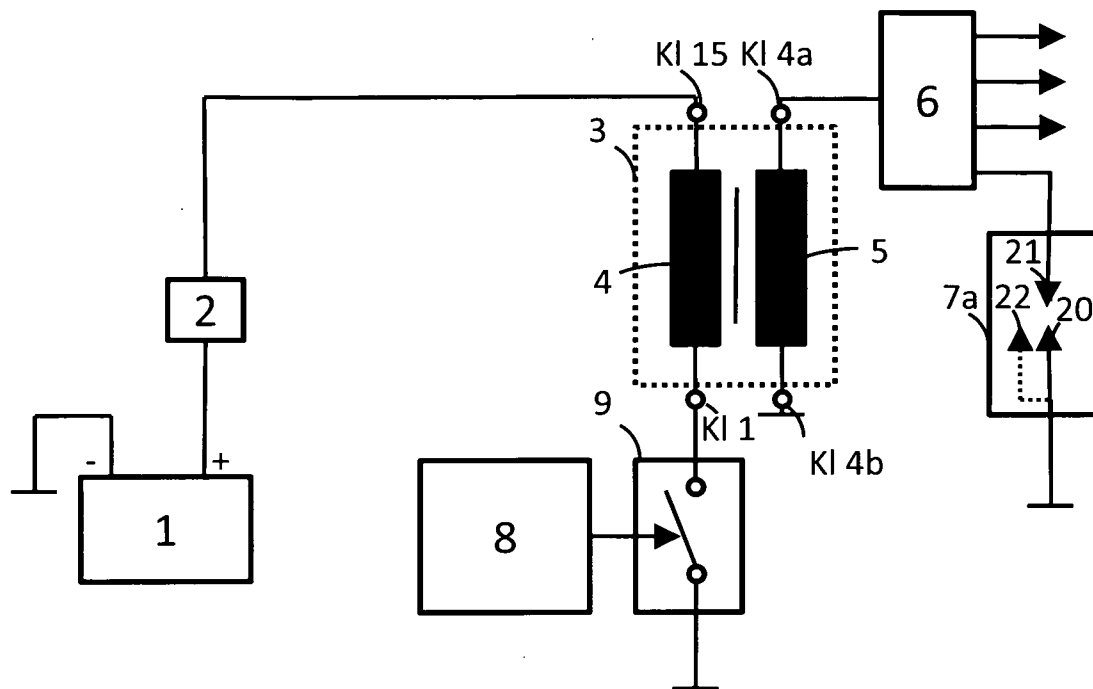


Fig. 1

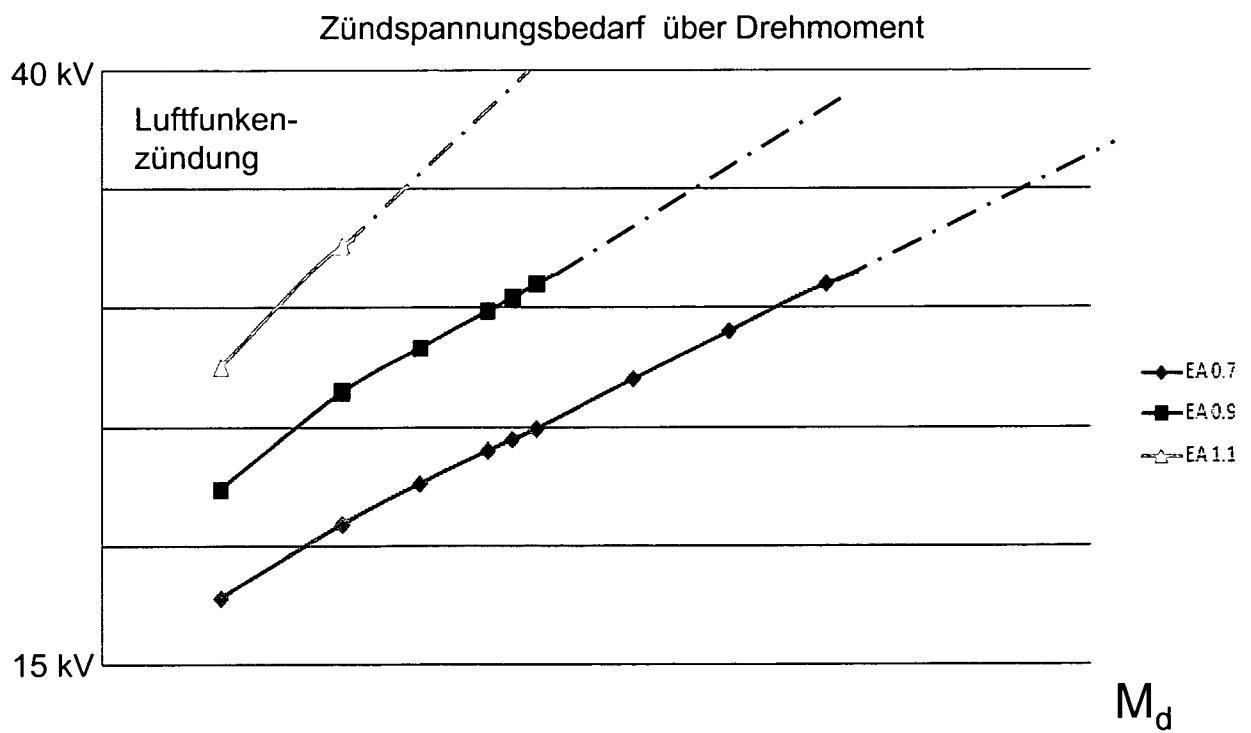


Fig. 2

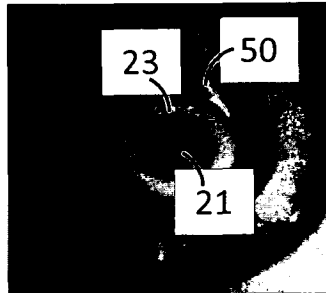


Fig. 3

Zündspannungsbedarf über Drehmoment

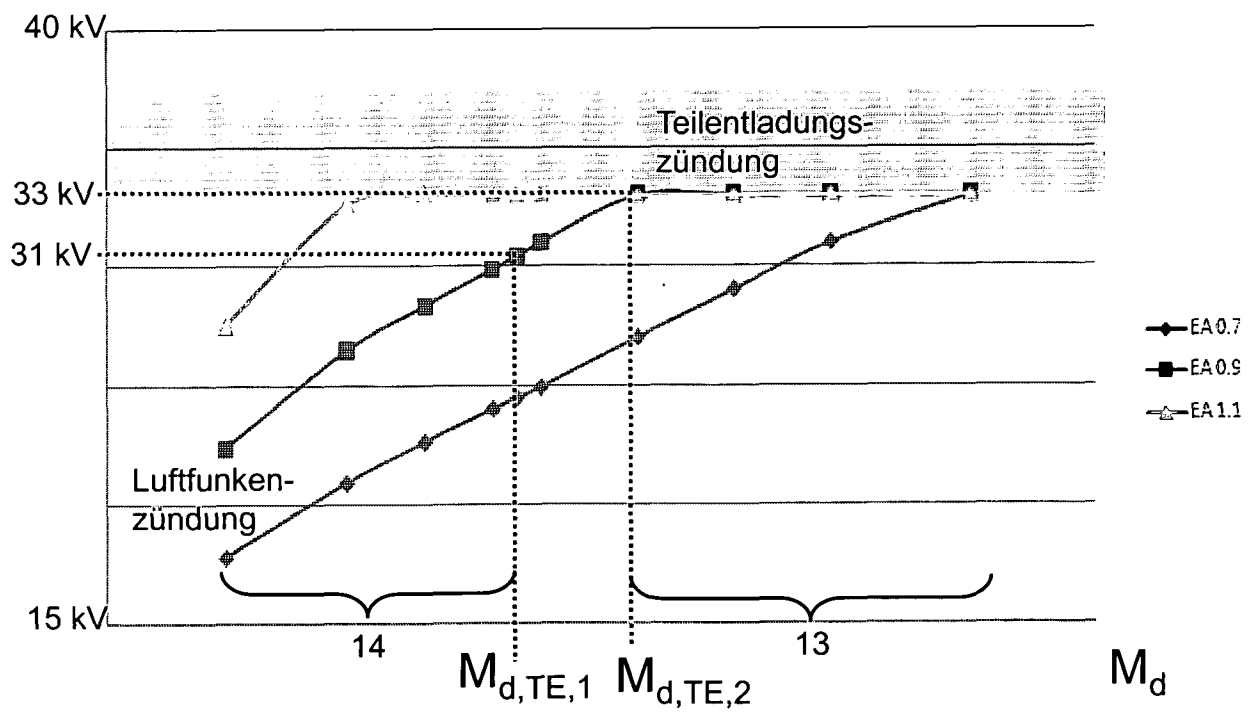


Fig. 4

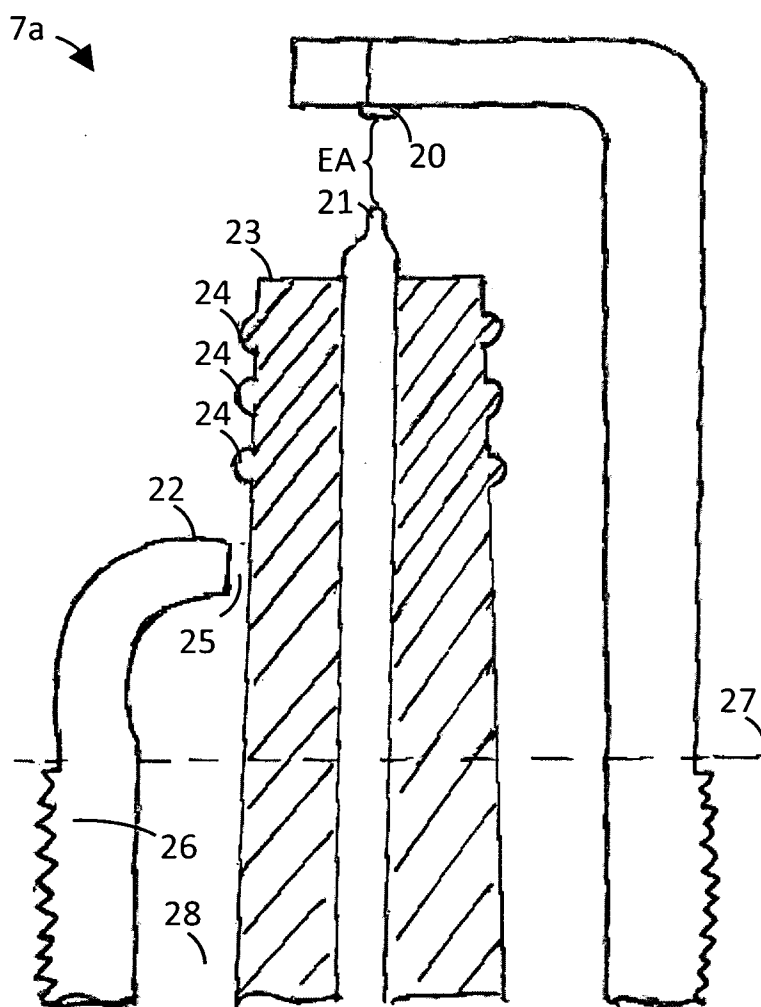


Fig. 5

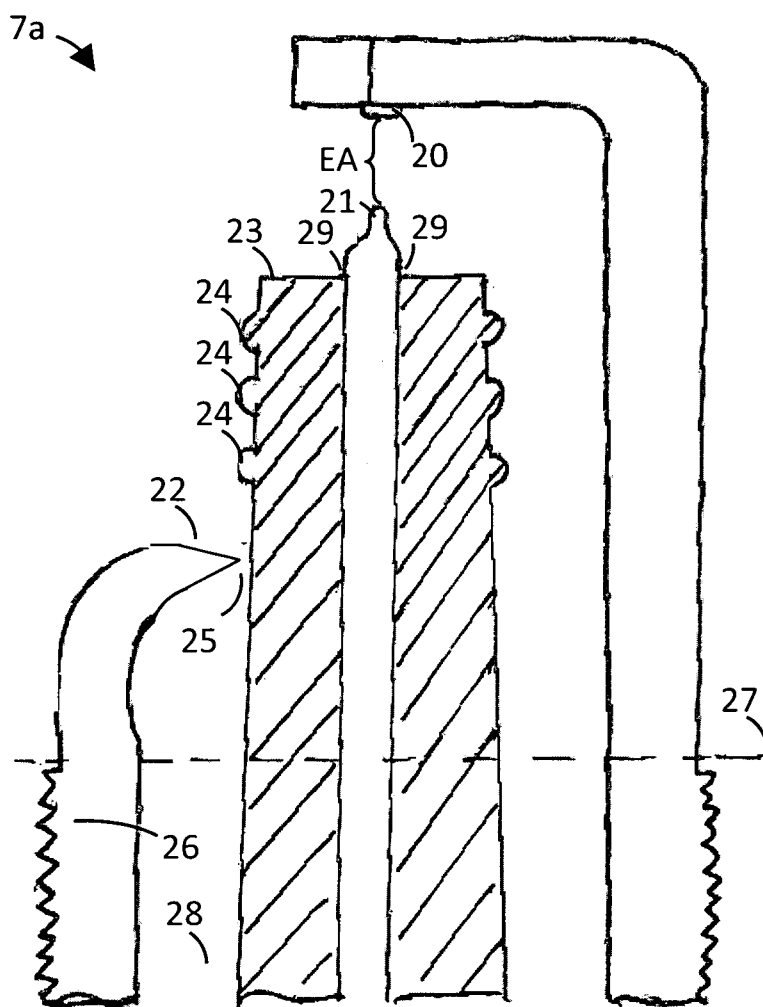


Fig. 6

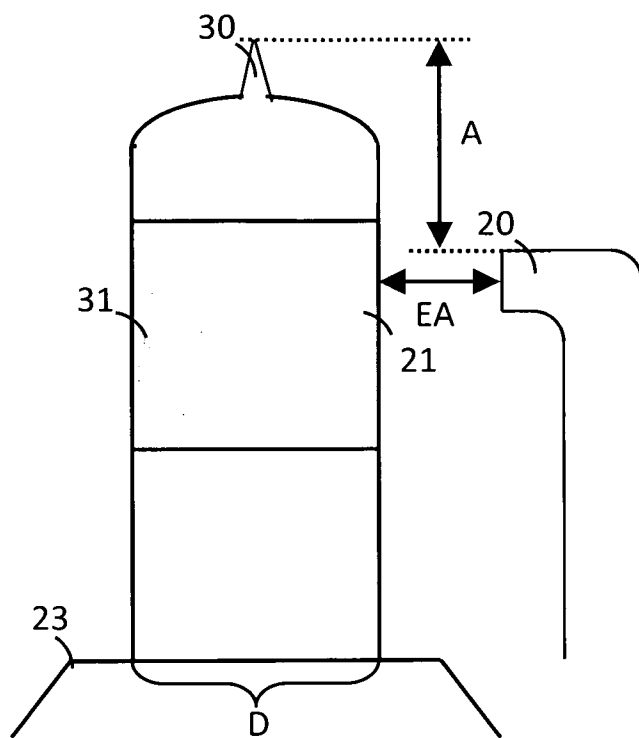


Fig. 7

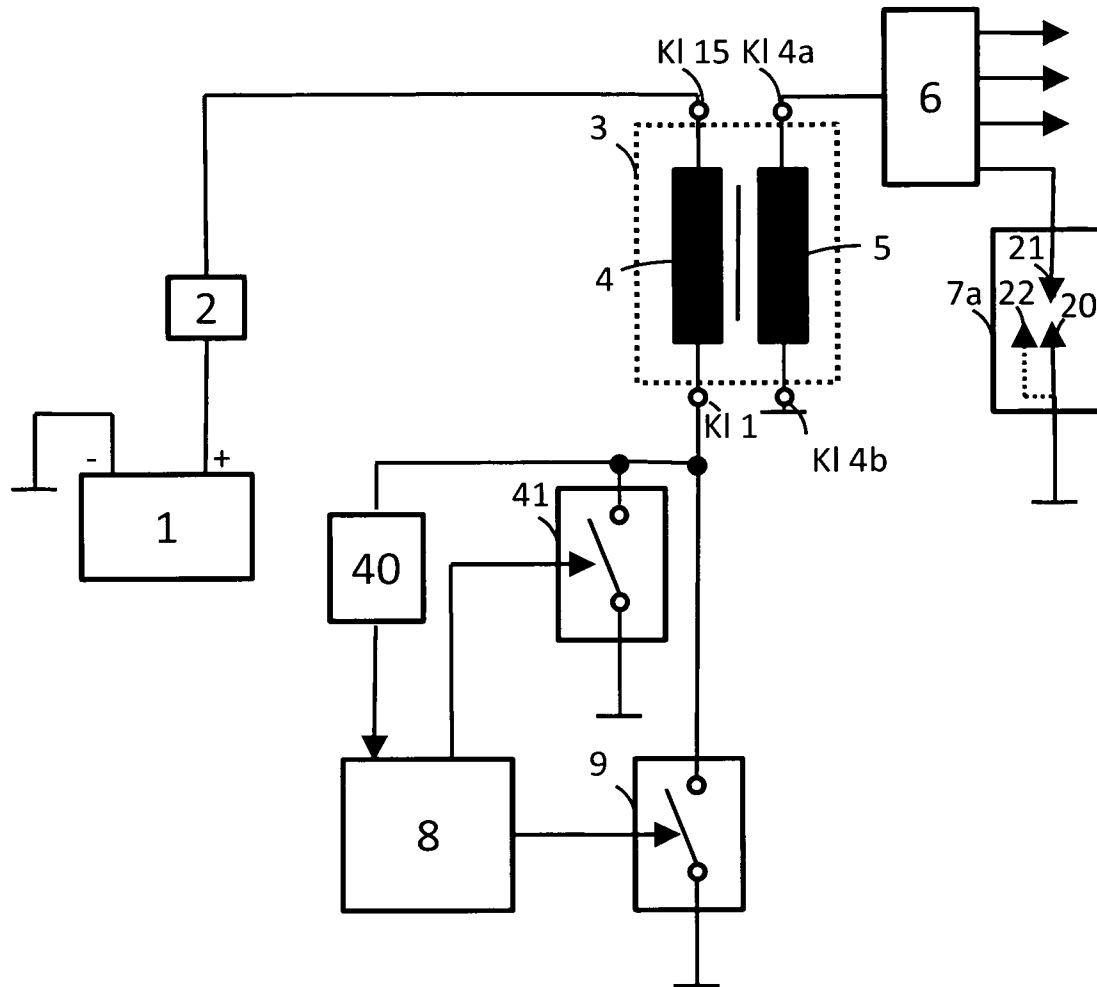


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/003093

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02P9/00 H01T13/46
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02P H01T

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 11 2008 000989 T5 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 4 February 2010 (2010-02-04) figures 3,4 paragraph [0021] -----	18
X	EP 0 302 474 A1 (NIPPON SOKEN [JP]; TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 8 February 1989 (1989-02-08) figures 1,2 page 2, lines 20-41 page 5, lines 13-15 -----	18
A	EP 2 199 597 A2 (GE JENBACHER GMBH & CO OHG [AT]) 23 June 2010 (2010-06-23) figure 6 paragraphs [0003], [0006] ----- -/-	1-18



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

6 October 2011

Date of mailing of the international search report

14/10/2011

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

Parmentier, Hélène

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/003093

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 100 23 835 A1 (DELPHI TECH INC [US]) 26 April 2001 (2001-04-26) figures 1,2 claim 1 -----	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/003093

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 1120080000989 T5	04-02-2010	CN 101663802 A	03-03-2010
		US 2008257303 A1	23-10-2008
		WO 2008130843 A1	30-10-2008

EP 0302474 A1	08-02-1989	DE 3878336 D1	25-03-1993
		DE 3878336 T2	17-06-1993
		JP 1086471 A	31-03-1989
		JP 8031352 B	27-03-1996
		US 4914344 A	03-04-1990

EP 2199597 A2	23-06-2010	AT 507748 A1	15-07-2010
		US 2010147239 A1	17-06-2010

DE 10023835 A1	26-04-2001	US 6213108 B1	10-04-2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02P9/00 H01T13/46
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F02P H01T

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 11 2008 000989 T5 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 4. Februar 2010 (2010-02-04) Abbildungen 3,4 Absatz [0021] -----	18
X	EP 0 302 474 A1 (NIPPON SOKEN [JP]; TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 8. Februar 1989 (1989-02-08) Abbildungen 1,2 Seite 2, Zeilen 20-41 Seite 5, Zeilen 13-15 -----	18
A	EP 2 199 597 A2 (GE JENBACHER GMBH & CO OHG [AT]) 23. Juni 2010 (2010-06-23) Abbildung 6 Absätze [0003], [0006] ----- -/-	1-18



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 Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren 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

6. Oktober 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/10/2011

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

Parmentier, Hélène

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 100 23 835 A1 (DELPHI TECH INC [US]) 26. April 2001 (2001-04-26) Abbildungen 1,2 Anspruch 1 -----	1-18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/003093

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 1120080000989 T5	04-02-2010	CN 101663802 A	03-03-2010
		US 2008257303 A1	23-10-2008
		WO 2008130843 A1	30-10-2008

EP 0302474 A1	08-02-1989	DE 3878336 D1	25-03-1993
		DE 3878336 T2	17-06-1993
		JP 1086471 A	31-03-1989
		JP 8031352 B	27-03-1996
		US 4914344 A	03-04-1990

EP 2199597 A2	23-06-2010	AT 507748 A1	15-07-2010
		US 2010147239 A1	17-06-2010

DE 10023835 A1	26-04-2001	US 6213108 B1	10-04-2001
