

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50492/2022
(22) Anmeldetag: 05.07.2022
(43) Veröffentlicht am: 15.09.2023

(51) Int. Cl.: **H01H 39/00** (2006.01)
H01H 1/50 (2006.01)

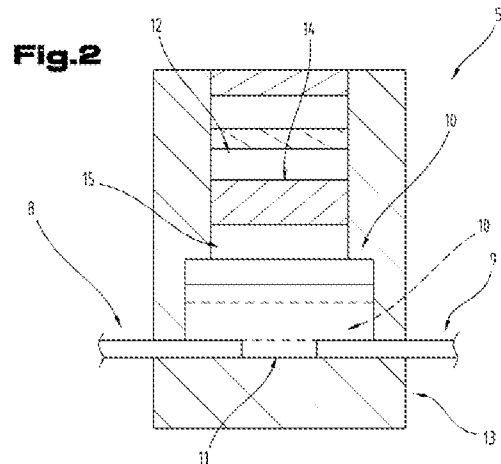
(56) Entgegenhaltungen:
DE 102021120055 A1
DE 102018100076 B3
RU 2589035 C1
DE 102019101307 B3
DE 1187333 B

(71) Patentanmelder:
Miba Sinter Austria GmbH
4663 Laakirchen (AT)

(74) Vertreter:
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt
GmbH
4580 Windischgarsten (AT)

(54) **Sicherheitsschalter**

(57) Die Erfindung betrifft einen Sicherheitsschalter (5) umfassend einen ersten elektrischen Leiter (8), einen zweiten elektrischen Leiter (9), einen dritten elektrischen Leiter (10) und einen Aktuator (12), wobei zwischen dem ersten Leiter (8) und dem zweiten elektrischen Leiter (9) ein Zwischenraum (11) ausgebildet ist, der mit dem dritten elektrischen Leiter (10) durch Kontaktierung mit dem ersten und zweiten elektrischen Leiter (8, 9) elektrisch leitend überbrückbar ist, wobei der dritte elektrische Leiter (10) in einer Ruheposition angeordnet ist, aus der der dritte elektrische Leiter (10) durch den Aktuator (12) in die den Zwischenraum (11) überbrückende Stellung verbracht werden kann, und wobei entweder der dritte elektrische Leiter (10) zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff besteht und/oder zumindest einer von dem ersten und/oder dem zweiten elektrischen Leiter (8, 9) zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff besteht/bestehen und der poröse Werkstoff eine Dichte von mindestens 80 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes aufweist.



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Sicherheitsschalter (5) umfassend einen ersten elektrischen Leiter (8), einen zweiten elektrischen Leiter (9), einen dritten elektrischen Leiter (10) und einen Aktuator (12), wobei zwischen dem ersten Leiter (8) und dem zweiten elektrischen Leiter (9) ein Zwischenraum (11) ausgebildet ist, der mit dem dritten elektrischen Leiter (10) durch Kontaktierung mit dem ersten und zweiten elektrischen Leiter (8, 9) elektrisch leitend überbrückbar ist, wobei der dritte elektrische Leiter (10) in einer Ruheposition angeordnet ist, aus der der dritte elektrische Leiter (10) durch den Aktuator (12) in die den Zwischenraum (11) überbrückende Stellung verbracht werden kann, und wobei entweder der dritte elektrische Leiter (10) zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff besteht und/oder zumindest einer von dem ersten und/oder dem zweiten elektrischen Leiter (8, 9) zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff besteht/bestehen und der poröse Werkstoff eine Dichte von mindestens 80 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes aufweist.

Fig. 2

Die Erfindung betrifft einen Sicherheitsschalter umfassend einen ersten elektrischen Leiter, einen zweiten elektrischen Leiter, einen dritten elektrischen Leiter und einen Aktuator, wobei zwischen dem ersten Leiter und dem zweiten elektrischen Leiter ein Zwischenraum ausgebildet ist, der mit dem dritten elektrischen Leiter durch Kontaktierung mit dem ersten und zweiten elektrischen Leiter elektrisch leitend überbrückbar ist, wobei der dritte elektrische Leiter in einer Ruheposition angeordnet ist, aus der der dritte elektrische Leiter durch den Aktuator in die den Zwischenraum überbrückende Stellung verbracht werden kann, und wobei entweder der dritte elektrische Leiter zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff besteht und/oder zumindest einer von dem ersten und dem zweiten elektrischen Leiter zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff bestehen.

Weiter betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug aufweisend ein wiederaufladbares Speicherelement für elektrische Energie und/oder ein elektrische Energie erzeugendes Element, sowie zumindest einen Sicherheitsschalter zur bedarfsweisen Schließung von zumindest einem Stromkreis zur Ableitung von elektrischer Energie.

Zudem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Schließung eines Stromkreises umfassend die Schritte: Anordnung eines ersten elektrischen Leiters, Anordnung eines zweiten elektrischen Leiters unter Ausbildung eines Zwischenraums zum ersten elektrischen Leiter, Anordnung eines dritten elektrischen Leiters, aktuatorische Betätigung des dritten elektrischen Leiters zur Überbrücken des Zwischenraums und Kontaktierung des ersten und zweiten elektrischen Leiters und Schließung des Stromkreises, wobei der dritte elektrische Leiter zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff bestehend eingesetzt wird und/oder zumindest einer von

dem ersten und/oder dem zweiten elektrischen Leiter zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff bestehend eingesetzt werden, und im Zuge der aktuatorischen Betätigung des dritten elektrischen Leiters dieser zumindest im Bereich der Kontaktierung mit dem ersten und/oder zweiten elektrischen Leiter verdichtet wird oder der erste und/oder zweite elektrische Leiter zumindest im Bereich der Kontaktierung mit dem dritten elektrischen Leiter verdichtet wird oder werden.

Aufgrund der Umorientierung der Mobilität von klassischen Verbrennungsmotoren zu Elektromotoren und den hierfür verwendeten Energiespeichern entstehen Probleme hinsichtlich der Unfallbewältigung. Insbesondere das Löschen von Bränden von Elektrofahrzeugen stellt mitunter aufgrund der verbauten Energiespeicher ein Problem dar.

Zur Abhilfe sind im Stand der Technik Sicherheitsschalter beschrieben worden. Diese werden vorgesehen, um die verbauten Energiespeicher in einem Kraftfahrzeug im Auslösefall, also insbesondere im Fall eines Verkehrsunfalls, zu isolieren und vom übrigen Bordnetz abzutrennen. Zudem werden derartige Sicherheitsschalter dazu verwendet, um innerhalb des Bordnetzes einzelne Baugruppen im Auslösefall zu isolieren, beispielsweise um Kondensatoren aus dem Netz abzutrennen.

Ein derartiger Unterbrecher wird beispielsweise in der WO 2016/120062 A1 beschrieben. Es ist daraus ein pyrotechnisches Sicherungselement, insbesondere für den Kraftfahrzeugbereich, bekannt, umfassend einen Leiter, eine pyrotechnische Einheit mit einer pyrotechnischen Treibladung, einen Trennkörper zum Durchtrennen des Leiters sowie ein Gehäuse, wobei der Leiter durch zwei separate Leiterteilstücke ausgebildet ist, welche an einer Verbindungsstelle miteinander verbunden sind und im Auslösefall durch den Trennkörper an der Verbindungsstelle wieder getrennt werden.

Von den Unterbrechern sind sogenannte Schließer zu unterscheiden. Anders als die Unterbrecher schließen sie im Auslösefall einen Stromkreis, um damit gezielt eine Entladung von Baugruppen zu ermöglichen.

Beispielsweise beschreibt die AT 521539 A1 einen pyrotechnischer Schließer aufweisend ein Gehäuse mit einer zylindrischen Ausnehmung, in der ein Kolben durch eine pyrotechnische Ladung von einer Ausgangsstellung in eine Endstellung bewegbar ist. Im Gehäuse sind zwei flache Leiter angeordnet, die in der Ausgangsstellung des Kolbens gegeneinander isoliert sind. In der Endstellung des Kolbens sind sie durch ein Verbindungselement elektrisch verbunden, wobei zwischen dem Verbindungselement und den Leitern eine Presspassung vorliegt. Erfindungsgemäß liegen die Leiter mit ihren Enden jedenfalls nach der Auslösung an der Ausnehmung innen mit ihrer Flachseite an. Das Verbindungselement wird durch den Kolben gebildet, der entweder einen leitfähigen Ring trägt oder selbst leitfähig ist. Durch die Ausbildung des Gehäuses aus einem Polymermaterial kann die Presspassung infolge einer Verformung des Gehäuses ermöglicht werden. Das Gehäuse kann aus einem Hauptteil und einem Schließstück zusammengesetzt sein, wobei die Leiter zwischen diesen beiden Teilen geführt sind.

Die DE 10 2019 101 307 B3 beschreibt einen elektrischen Schließer, insbesondere für eine Kraftfahrzeugleitung, insbesondere eine Kraftfahrzeugeenergieleitung umfassend: einen ersten elektrischen Anschluss und einen zweiten elektrischen Anschluss, ein erstes Kontaktelement, welches mit dem ersten Anschluss elektrisch verbunden ist, ein zweites Kontaktelement, welches mit dem zweiten Anschluss elektrisch verbunden ist, ein Verbindungselement, mit dem eine elektrische Verbindung zwischen den beiden Kontaktelementen herstellbar ist, und einen Antrieb, der eine Relativbewegung zwischen zumindest einem der Kontaktelemente und dem Verbindungselement bewirkt, wobei das Verbindungselement oder die Kontaktelemente zumindest in Teilen aus einem elektrisch leitenden Material gebildet sind und das elektrisch leitende Material porös oder pastös ist. Das poröse Material kann unterschiedlich hergestellt werden, wobei insbesondere ein Aufschäumen eines Treibmittels zur Herstellung eines porösen Metalls genutzt wird. Das Treibmittel wird in ein Metallpulver eingebracht und das Metall-Treibmittel-Gemisch wird behandelt, insbesondere erhitzt, wodurch das Treibmittel ausgast und aufschäumt und somit die Porosität bildet. Auch ist es möglich, dass in einem Gießprozess ein Metall-Salz-Gemisch gebildet wird und anschließend das

Salz ausgewaschen wird und die verbleibende Metallmatrix das poröse Metall bildet. Das Sintern eines Metallpulvers wird in dieser Druckschrift ebenfalls als eine Möglichkeit angeführt, die zu dem porösen Material führt, wobei jedoch diesbezüglich keine weiteren Angaben in dieser Druckschrift enthalten sind.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Sicherheit für Rettungskräfte im Falle eines Unfalls eines Elektrofahrzeugs zu verbessern.

Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem eingangs genannten Sicherheitsschalter gelöst, bei dem der poröse Werkstoff eine Dichte von mindestens 80 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes aufweist.

Weiter wird die Aufgabe der Erfindung mit dem eingangs genannten Fahrzeug gelöst, das bei dem der Sicherheitsschalter erfindungsgemäß ausgebildet ist.

Zudem wird die Aufgabe der Erfindung mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, wonach als poröser Werkstoff ein Werkstoff eingesetzt wird, der eine Dichte von mindestens 80 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes aufweist.

Aufgrund der Mindestdichte von 80 % der theoretischen Dichte wird mit dem Sicherheitsschalter der Erfindung beim Schließen des elektrischen Kontaktes zwischen den Leitern findet aber nicht nur eine Materialverdrängung bzw. teilweise Schließung von Poren durch Verdichtung statt, sondern es wird dabei auch eine Kaltverfestigung des dritten Leiters zumindest im Kontaktbereich mit den beiden anderen elektrischen Leitern erreicht. Dadurch wird einerseits die Verbindung zwischen dem ersten, zweiten und dritten elektrischen Leiter verbessert. Zudem werden aufgrund der höheren Verdichtung die Anlageflächen zwischen den elektrischen Leitern, und damit auch die Fähigkeit elektrischen Strom zu leiten, deutlich verbessert.

Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der poröse Werkstoff eine Dichte von maximal 98 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes aufweist. Es kann damit erreicht werden, dass durch die verbleibende Verdichtbarkeit des dritten elektrischen Leiters jedenfalls die Eigenschaft der Verhinderung der Materialabscherung bzw. Gratbildung erhalten bleibt, auch wenn

der dritte elektrische Leiter bereits eine sehr hohe Dichte aufweist. Durch letztere kann die Fähigkeit des dritten elektrischen Leiters elektrischen Strom zu leiten, weiter verbessert werden, wobei Werte erreicht werden können, die jenen von im Gussverfahren hergestellten elektrischen Leitern sehr nahe kommen.

Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der poröse Werkstoff, aus dem der dritte elektrische Leiter hergestellt ist bzw. (zumindest teilweise) besteht, ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus Kupfer, Aluminium, Sinterstahl, Silber, Gold, Platin, und Legierungen von diesen Metallen. Diese Werkstoffe weisen eine relativ hohe Duktilität auf, womit ein entsprechend gutes Fließverhalten erreicht werden kann, das sich insbesondere bei der Verdichtung während der Kontaktherstellung durch die verbesserte Anpassungsfähigkeit von Vorteil erweist.

Bevorzugt ist der dritte elektrische Leiter nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung ein pulvermetallurgisch hergestelltes Bauteil oder ein mittels eines additiven Verfahrens hergestelltes Bauteil, da damit die gewünschte, relativ geringe Porosität einfacher einstellbar ist.

Der Aktuator kann entsprechend einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung ein pyrotechnischer Aktuator sein, da damit der dritte elektrische Leiter zumindest im Bereich der elektrischen Kontaktierung mit dem ersten und zweiten elektrischen Leiter bis auf zumindest annähernd maximale Dichte verdichtet werden kann, womit die entsprechenden, voranstehend genannten Eigenschaften des dritten elektrischen Leiters weiter verbessert werden können.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der dritte elektrische Leiter zumindest eine erste Ausnehmung für zumindest einen Teil des ersten elektrischen Leiters und/oder zumindest eine zweite Ausnehmung für zumindest einen Teil des zweiten elektrischen Leiters aufweist, womit die Kontaktierung verbessert bzw. die unbeabsichtigte Trennung des mit dem dritten elektrischen Leiters geschlossenen Stromkreises besser verhindert bzw. vermieden werden kann.

Es ist dabei von Vorteil, wenn nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung die erste Ausnehmung eine Breite aufweist, die kleiner ist als eine Breite des ersten elektrischen Leiters und/oder dass die zweite Ausnehmung eine Breite aufweist, die kleiner ist als eine Breite des zweiten elektrischen Leiters. Durch die geringere Breite der Ausnehmungen kann erreicht werden, dass die Verdichtung des dritten elektrischen Leiters bei der Herstellung des elektrischen Kontaktes mit den beiden anderen elektrischen Leitern durch das „Hineinzwängen“ dieser elektrischen Leiter in die Ausnehmungen fließend erfolgt. Damit kann die Verdichtung des Werkstoffes des dritten elektrischen Leiters einfacher auf (zumindest nahezu) theoretische Dichte in diesem Bereich ermöglicht werden, insbesondere wenn ein pyrotechnischer Aktuator verwendet wird.

Entsprechend einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann der dritte elektrische Leiter aus mehreren unterschiedlichen Werkstoffen bestehen, wobei der poröse Werkstoff im Bereich Kontaktierbarkeit mit dem ersten und zweiten elektrischen Leiter angeordnet ist. Es ist damit z.B. möglich, im Bereich der Anordnung des pyrotechnischen Aktuators einen (metallischen) Vollwerkstoff, also einen Werkstoff mit der Volldichte, z.B. einen Gusswerkstoff, anzuordnen, der dann auf den porösen Bereich bzw. Abschnitt des dritten elektrischen Leiters wie ein Hammer wirken kann. Zudem kann damit vermieden werden, dass die Energie des Aktuators teilweise bereits im Bereich der Anordnung des Aktuators für die Verdichtung aufgebraucht wird. Es ist damit in weiterer Folge möglich, die Menge an pyrotechnischem Material im Sicherheitsschalter zu reduzieren.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 ein Kraftfahrzeug in Seitenansicht;

Fig. 2 eine erste Ausführungsvariante eines Sicherheitsschalters;

Fig. 3 eine weitere Ausführungsvariante eines Sicherheitsschalters;

Fig. 4 einen Ausschnitt aus dem Sicherheitsschalter nach Fig. 3 in Draufsicht;

Fig. 5 eine Ausführungsvariante eines dritten elektrischen Leiters.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

In Fig. 1 ist schematisch ein Kraftfahrzeug 1 dargestellt. Das Kraftfahrzeug 1 weist zumindest ein wiederaufladbares Speicherelement 2 für elektrischen Strom, insbesondere einen Akkumulator, auf. Alternativ oder zusätzlich kann das Kraftfahrzeug 1 zumindest ein elektrische Energie erzeugendes Element 3, insbesondere eine Brennstoffzelle, aufweisen. Das Speicherelement 2 und/oder das elektrische Energie erzeugendes Element 3 sind in einen elektrischen Stromkreis 4 eingebunden. Mit diesem Stromkreis 4 ist ein Sicherheitsschalter 5 elektrisch leitend verbunden.

Das Kraftfahrzeug 1 kann auch zumindest einen weiteren elektrischen Stromkreis 6 aufweisen, in dem eine Energiespeicherelement, insbesondere ein Kondensator 7, angeordnet ist. Mit diesem weiteren elektrischen Stromkreis 6 kann ebenfalls ein Sicherheitsschalter 5 elektrisch leitend verbunden sein.

Die Darstellung des Kraftfahrzeugs 1 in Fig. 1 dient nur der Verdeutlichung der Erfindung. Daher sind die dargestellten Stromkreise 4, 6 an sich nicht einschränkend für die Erfindung zu verstehen. Deren genaue Architektur richtet sich nach der jeweiligen Ausführung des Kraftfahrzeugs 1. Darüber hinaus weist das Kraftfahrzeug 1, das insbesondere ein Elektrofahrzeug oder ein Hybridfahrzeug ist, weitere Komponenten, wie einen Motor, etc., auf. Zu weiteren Einzelheiten dieser Komponenten sei auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

Da die voranstehend genannten Sicherheitsschalter 5 des Kraftfahrzeugs 1 gleich ausgebildet sein können, wird im Folgenden nur ein Sicherheitsschalter 5 näher beschrieben.

Der Sicherheitsschalter 5 ist ein sogenannter Schließer und zur bedarfsweisen Schließung von zumindest einem Stromkreis zur Ableitung von elektrischer Energie ausgebildet. Der Sicherheitsschalter 5 ist weiter zur einmaligen Betätigung in einem Notfall, wie z.B. einem Unfall, ausgebildet. Ein mehrmaliges Schalten zwischen den beiden Stellungen „Stromkreis offen“ und „Stromkreis geschlossen“ ist daher normalerweise nicht vorgesehen.

Eine erste Ausführungsvariante des Sicherheitsschalters ist in Fig. 2 dargestellt. Der Sicherheitsschalter umfasst einen ersten elektrischen Leiter 8, einen zweiten elektrischen Leiter 9 und einen dritten elektrischen Leiter 10. Die Fig. 2 zeigt mit durchgehenden Linien die Ruheposition des dritten elektrischen Leiters 10, in der der jeweilige Stromkreis 4, 6 (siehe Fig. 1) unterbrochen ist. Dazu sind der erste elektrische Leiter 8 und der zweite elektrische Leiter 9 in einem Abstand zueinander angeordnet, sodass zwischen diesen ein Zwischenraum 11 ausgebildet ist. Weiter ist der dritte elektrische Leiter 10 in einem Abstand zu dem ersten und dem zweiten elektrischen Leiter 8, 9 angeordnet. In der dargestellten Ausführungsvariante ist der dritte elektrische Leiter 10 oberhalb den beiden anderen elektrischen Leitern 8, 9 angeordnet. Die räumliche Anordnung der elektrischen Leiter 8 – 10 kann aber auch anders sein.

Strichliert ist in Fig. 1 auch die Geschlossenstellung gezeigt, in der der Stromkreis 4, 6 geschlossen ist. Dies wird durch die Verstellung des dritten elektrischen Leiters 10 erreicht, sodass der dritte elektrische Leiter 10 den ersten elektrischen Leiter 8 und den zweiten elektrischen Leiter 9 elektrisch leitend kontaktiert und damit den Zwischenraum 11 überbrückt.

Für die Verstellung des dritten elektrischen Leiters 10 aus der Ruheposition in die den Zwischenraum 11 überbrückende Stellung ist ein Aktuator 12 vorgesehen, der auf den dritten elektrischen Leiter 10 im Bedarfsfall einwirkt.

Bevorzugt sind der erste elektrische Leiter 8 und der zweite elektrischen Leiter 9 und der Aktuator 12 zumindest teilweise und der dritte elektrische Leiter 10 zur Gänze in einem Gehäuse 13 angeordnet, wobei jedoch eine andere Anordnung möglich ist. Der erste elektrische Leiter 8 und/oder der zweite elektrische Leiter 9 kann/können z.B. auch aus dem Gehäuse 13 herausgeführt sein, um mit außerhalb des Gehäuses 13 angeordneten Endabschnitten Kontaktierungsstellen für die elektrische Kontaktierung mit dem jeweiligen elektrischen Stromkreis 4, 6 zu bilden.

Es ist vorgesehen, dass zumindest einer von dem ersten, dem zweiten und dem dritten elektrischen Leiter 8 – 10 aus einem porösen Werkstoff gebildet ist. Der jeweilige andere/die jeweiligen anderen elektrischen Leiter 8 – 10 ist/sind aus einem nicht porösen Werkstoff, beispielsweise einem Gusswerkstoff gebildet. Vorzugsweise sind der erste elektrische Leiter 8 und der zweite elektrische Leiter 9 aus einem porösen Werkstoff, insbesondere dem gleichen porösen Werkstoff, und der dritte elektrische Leiter 10 aus einem nicht porösen Werkstoff, insbesondere einem Gusswerkstoff, gebildet. Besonders bevorzugt sind der erste elektrische Leiter 8 und der zweite elektrische Leiter 9 aus einem nicht porösen Werkstoff, insbesondere einem Gusswerkstoff, und der dritte elektrische Leiter 10 aus einem porösen Werkstoff gebildet.

Unabhängig davon, welcher der elektrischen Leiter 8 – 10 aus dem porösen Werkstoff zumindest teilweise besteht, weist der poröse Werkstoff eine Dichte von mindestens 80 %, insbesondere zumindest 85 %, vorzugsweis zumindest 90 %, der theoretischen Dichte, d.h. der Volldichte, des Werkstoffes auf.

Die theoretische Dichte (Volldichte) ist jene Dichte, die der Werkstoff aufweist, wenn er mit einem Gussverfahren hergestellt worden ist.

Die tatsächliche Dichte des Werkstoffes wird als Archimedische Dichte nach dem Archimedes Prinzip gemessen, wobei als Flüssigkeit Wasser mit einer Temperatur von 20 °C verwendet wird.

Vorzugsweise weist gemäß einer Ausführungsvariante der poröse Werkstoff eine Dichte von maximal 98 % der theoretischen Dichte auf.

Der nicht poröse Werkstoff kann ein für elektrische Leiter üblicherweise verwendeter Werkstoff sein, wie beispielsweise ein Metall, z.B. Kupfer oder Aluminium, oder einer metallischen Legierung. Da die Formgebungsverfahren für aus diesen Werkstoffen hergestellte elektrische Leiter hinsichtlich bekannt sind, sei zu Einzelheiten auf den einschlägigen Stand der Technik dazu verwiesen.

Der poröse Werkstoff ist bevorzugt ein Metall bzw. metallischer Werkstoff. Insbesondere ist der poröse Werkstoff gemäß einer Ausführungsvariante des Sicherheitsschalters 5 ausgewählt aus einer Gruppe umfassen oder bestehend aus Kupfer, Aluminium, Sinterstahl, z.B. Stainless Steel, Silber, Gold, Platin, und Legierungen von diesen Metallen. Besonders bevorzugt ist der poröse Werkstoff Kupfer.

Im Folgenden werden Ausführungsvarianten des dritten elektrischen Leiters 10 aus/mit dem porösen Werkstoff beschrieben. Diese Ausführungen können auch auf den ersten und/oder zweiten elektrischen Leiter 8, 9 übertragen werden, wenn dieser/diese zumindest teilweise aus dem porösen Werkstoff gebildet werden.

Prinzipiell kann der dritte elektrische Leiter 10 mit unterschiedlichen Verfahren hergestellt werden. Bevorzugt wird der dritte elektrische Leiter 10 nach einer Ausführungsvariante des Sicherheitsschalters 5 jedoch mittels einem pulvermetallurgischen Verfahren oder mit einem additiven Verfahren hergestellt.

Pulvermetallurgische Verfahren an sich sind bekannt, sodass sich dazu weitere Ausführungen erübrigen, insbesondere auch in Bezug auf die anzuwendenden Temperaturen und Drücke. Es sei nur so viel erwähnt, dass diese Verfahren die Schritte Pulverpressen und Sintern umfassen. Das Sintern kann mehrstufig ausgeführt werden. Anders als bei bekannten Verfahren wird der dritte elektrische Leiter 10 nach dem Sintern bevorzugt nicht kalibriert oder nachverdichtet, sodass also das Sintern der letzte Schritt des Verfahrens für die Herstellung des dritten elektri-

schen Leiters 10 ist. Es könnte jedoch vorgesehen werden, dass der dritte elektrische Leiter 10 zu einer Dichte von weniger als 80 % der theoretischen Dichte gesintert wird, und dass nach dem Sintern der dritte elektrische Leiter 10 auf die Dichte von mindestens 80 % der theoretischen Dichte nachverdichtet wird, wobei jedoch darauf zu achten ist, dass der dritte elektrische Leiter 10 nach wie vor porös ausgebildet sein muss, vorzugsweise eine Dichte von maximal 98 % der theoretischen Dichte aufweist.

Additive Verfahren an sich sind ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannt. Dabei wird ein dreidimensionales Bauteil aus zumindest einem Werkstoff schichtweise aufgebaut. Die Prozessführung ist computergesteuert unter Einsatz von CAD-Daten. Die gewünschte Porosität wird dabei bereits in den in einem Datenspeicher hinterlegten Daten zur Herstellung des dritten elektrischen Leiters 10 berücksichtigt.

Prinzipiell können unterschiedliche Aktuatoren 13 im Sicherheitsschalter 5 eingesetzt werden, beispielsweise pneumatische oder hydraulische. Aufgrund der Geschwindigkeit der Verstellung und dem dabei aufbaubaren Druck wird nach einer bevorzugten Ausführungsvariante des Sicherheitsschalters 5 ein pyrotechnischer Aktuator 12 eingesetzt. Derartige Aktuatoren werden bereits in der Fahrzeugindustrie eingesetzt, wie beispielsweise in Airbags oder in Gurtstraffern.

In dem Sicherheitsschalter 5 wird eine Treibladung 14 des Aktuators 12 ausgenutzt, um den dritten elektrischen Leiter 10 aus seiner Ruheposition in die den Zwischenraum 11 überbrückende Stellung zu verstellen. Im Wesentlichen wird dazu der auf den dritten elektrischen Leiter 10 einwirkende Druck ausgenutzt, der aufgrund der Zündung der Treibladung in einer Kammer oberhalb des dritten elektrischen Leiters 10 aufgebaut wird. Falls der Aktuator 12 an dem dritten elektrischen Leiter 10 anliegend angeordnet ist, wirkt in der Anfangsphase der Aktuator 12 direkt auf den dritten elektrischen Leiter 10 ein. Die Kammer 15 wird erst mit der Verstellung des dritten elektrischen Leiters 10 in Richtung auf die beiden anderen elektrischen Leiter 8, 9 gebildet.

Diese Prinzip der Verstellung des dritten elektrischen Leiters 10 an sich ist bekannt, beispielsweise aus der eingangs genannten AT 521539 A1, sodass zu weiteren Einzelheiten dazu bzw. der einsetzbaren Treibladungen auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen sei. Der Einsatz eines pyrotechnischen Aktuators 12 hat in Hinblick auf die bereits relativ hohe Dichte des zumindest teilweise porösen dritten elektrischen Leiters 10 im Vergleich zu anderen Aktuatoren Vorteile, beispielsweise bzgl. der Verformungsarbeit beim Schließen des Stromkreises durch Kontaktierung des ersten und des zweiten elektrischen Leiters 8, 9 durch den dritten elektrischen Leiter 10.

Prinzipiell ist auch die umgekehrte Anordnung möglich, bei der der erste und der zweite elektrische Leiter 8, 9 zu Schließung des Stromkreises in Richtung auf den dritten elektrischen Leiter 10 bewegt werden, insbesondere pyrotechnisch ausgelöst. Die voranstehend beschriebene Ausführung mit der Verstellung des dritten elektrischen Leiters 10 ist jedoch die bevorzugte Ausführungsvariante.

In den Fig. 3 und 4 ist eine weitere und gegebenenfalls für sich eigenständige Ausführungsvariante des Sicherheitsschalters 5 gezeigt, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den Fig. 1 und 2 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung zu den Fig. 1 und 2 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

Wie aus Fig. 3 erkennbar ist, weist der Sicherheitsschalter 5 den ersten elektrischen Leiter 8 und den dritten elektrischen Leiter 10 auf. Der zweite elektrische Leiter 9 ist in Fig. 4 dargestellt. In der Darstellung der Fig. 3 wird der zweite elektrische Leiter 9 vom ersten elektrischen Leiter 8 verdeckt.

Prinzipiell können der erste und zweite elektrische Leiter 8, 9 jede geeignete Form aufweisen. Vorzugsweise sind sie jedoch als Flachprofile bzw. Flachdrähte ausgeführt.

In der Ausführungsvariante des Sicherheitsschalters 5 nach Fig. 2 ist der dritte elektrische Leiter 10 ebenfalls als Flachprofil bzw. Flachdraht ausgeführt. In der

Ausführungsvariante der Fig. 3 und 4 weist der dritte elektrische Leiter 10 hingegen eine hülsenartige Form auf. Dabei weist der dritte elektrische Leiter 10 einen Mantel 16 auf, der in axialer Richtung eine erste Stirnfläche 17 und einer dieser gegenüberliegenden zweiten Stirnfläche begrenzt wird. Die erste Stirnfläche 17 grenzt an eine erste Öffnung 19 an bzw. definiert diese. Die zweite Stirnfläche 18 grenzt an eine zweite Öffnung 20 an bzw. definiert diese.

Die erste und zweite Stirnfläche 17, 18 sind vorzugsweise als Kreisringflächen bzw. Kreisringabschnitte (unterbrochene Kreisringe) ausgebildet. Die Form der ersten und/oder zweiten Stirnfläche 17, 18 kann aber auch anders sein, beispielsweise als rechteckförmige Ringfläche oder quadratische Ringfläche bzw. generell polygonale Ringfläche, oder ovale Ringfläche, etc. Es ist damit gemeint, dass die erste und zweite Stirnfläche 17, 18 als Ringfläche mit beispielsweise quadratischem Innen- und Außenumfang ausgebildet sind. Generell haben der Innen- und Außenumfang der ersten und zweiten Stirnfläche 17, 18 die gleiche geometrische Form, sind als beispielsweise beide kreisförmig oder rechteckförmig oder quadratisch, etc.

Der dritte elektrische Leiter 10, der in Fig. 3 in der Ruheposition dargestellt ist, weist zwei Ausnehmungen 21 auf. Diese sind insbesondere als (schlitzförmige) Durchbrüche durch den dritten elektrischen Leiter 10 ausgebildet. Sie können aber auch nur nutzförmige Vertiefungen ausgebildet sein.

Die beiden Ausnehmungen 21 sind einander gegenüberliegende im Mantel 16 des dritten elektrischen Leiters 10 angeordnet. Falls die beiden anderen elektrischen Leiter 8, 9 nicht in einer Ebene angeordnet sind, können die Ausnehmungen 21 auch an einer anderen Stelle am Umfang des Mantels 16 des dritten elektrischen Leiters 10 angeordnet sein.

Es können im Mantel 10 auch mehrere dieser Ausnehmungen 21 angeordnet sein.

Die Ausnehmungen 21 dienen der Aufnahme des ersten und des zweiten elektrischen Leiters 10 zur Schließung des Stromkreises 4, 6. Dazu erstrecken sich die Ausnehmungen 21 beginnend in der ersten Stirnfläche 17 in axialer Richtung des

dritten elektrischen Leiters 10 in Richtung auf die zweite axiale Stirnfläche 18 und enden zu dieser in einem Abstand. Bei der Bewegung des dritten elektrischen Leiters 10 in Richtung auf den ersten und zweiten elektrischen Leiter 8, 9 werden diese in den Ausnehmungen 21 aufgenommen, sodass also der dritte elektrische Leiter 10 auf den ersten und zweiten elektrischen Leiter 8, 9 aufgeschoben wird.

In der den Zwischenraum 11 überbrückenden Stellung des dritten elektrischen Leiters 10 sind der erste und zweite elektrische Leiter 8, 9 zumindest teilweise in den Ausnehmungen 21 angeordnet, wie dies aus Fig. 4 ersichtlich ist.

Eine Breite 22 der Ausnehmungen 21 ist vorzugsweise nicht größer als eine Breite 23 (d.h. Dicke) des ersten bzw. zweiten elektrischen Leiters 8, 9 im Bereich der Aufnahme in der jeweiligen Ausnehmung 21. Es wird damit eine entsprechend gute Anlage der elektrischen Leiter 8 bis 10 erreicht. Allfällig vorhanden Formabweichungen der elektrischen Leiter 8 bis 10 können dabei durch die Verdichtbarkeit des dritten elektrischen Leiters 10 ausgeglichen werden.

In der bevorzugten Ausführungsvariante des Sicherheitsschalters 5 ist jedoch vorgesehen, dass die die Breite 22 der Ausnehmungen 21 kleiner ist als die Breite 23 des ersten bzw. zweiten elektrischen Leiters 8, 9, sodass der dritte elektrischen Leiter 10 bei der Ausbildung des elektrischen Kontaktes mit dem ersten und zweiten elektrischen Leiter 8, 9 zumindest im Bereich anschließend an die Ausnehmungen 21 verdichtet wird, vorzugsweise auf zumindest annähernd 100 % der theoretischen Dichte.

Die Breite 22 der Ausnehmungen 21 kann beispielsweise um zumindest 5 %, insbesondere zumindest 6 %, vorzugsweise zumindest 8 %, und maximal 25 %, insbesondere maximal 22 %, vorzugsweise maximal 20 %, kleiner sein als die Breite 23 des ersten bzw. zweiten elektrischen Leiters 8, 9, jeweils in gleicher Richtung betrachtet. Beispielsweise kann die Breite 22 der Ausnehmungen 21 um 0,3 mm bis 0,6 mm kleiner sein als die Breite 23 des ersten bzw. zweiten elektrischen Leiters 8, 9.

Auch die Ausführungsvariante des Sicherheitsschalters 5 nach den Fig. 3 und 4 weist bevorzugt einen pyrotechnischen Aktuator 12 auf. Anders als bei der voranstehend beschriebenen Ausführungsvariante nach Fig. 2 ist die Treibladung 14 aber nicht direkt auf dem dritten elektrischen Leiter 10 angeordnet, sondern ist zwischen der Treibladung 14 und dem dritten elektrischen Leiter 10 ein Kolben 24 angeordnet. Dieser liegt an der zweiten Stirnfläche 18 des Mantels 16 des dritten elektrischen Leiters 10 an bzw. greift in die zweite Öffnung 20 des dritten elektrischen Leiters 10 ein. Die Treibladung 14 kann in einer Ausnehmung 25 des Kolben 24 angeordnet sein.

Der Kolben 24 kann aus einem (metallischen) Vollwerkstoff, also einem nicht porösen Werkstoff, gebildet sein.

In Fig. 5 ist eine Ausführungsvariante des dritten elektrischen Leiters 10 dargestellt. Bei dieser Ausführungsvariante sind Übergangsflächen 26 vom Mantel 16 in die Ausnehmungen 21 nicht scharfkantig, sondern abgeschrägt bzw. gerundet ausgebildet, um damit das Aufschieben des dritten elektrischen Leiters 10 auf den ersten und zweiten elektrischen Leiter 8, 9 zu vereinfachen.

Zudem können die Ausnehmungen 21 auch einen von der Rechteckform abweichende Querschnittsform aufweisen, beispielsweise auch im Bereich eines Grundes 27 der Ausnehmung 21 ebenfalls gerundet ausgeführt sein. Diese Ausführungsvariante ermöglicht eine einfachere Entformbarkeit des dritten elektrischen Leiters 10 im Grünlingszustand, wenn dieser mit einem pulvermetallurgischen Verfahren hergestellt wird.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante des Sicherheitsschalters 5, die in Fig. 3 strichliert angedeutet ist, kann vorgesehen sein, dass der dritte elektrische Leiter 10 aus mehreren (zumindest zwei) unterschiedlichen (metallischen) Werkstoffen besteht. Dabei ist vorgesehen, dass der poröse Werkstoff in einem ersten Abschnitt 27 angeordnet ist, in dem der elektrische Kontakt mit dem ersten und zweiten elektrischen Leiter 8, 9 ausgebildet wird. Dementsprechend ist der zumindest eine weitere Werkstoff, der auch ein Vollwerkstoff, also nicht poröser Werkstoff

sein kann, in einem davon verschiedenen Abschnitt, insbesondere einem unmittelbar an den ersten Abschnitt 27 angrenzenden zweiten Abschnitt 28, angeordnet.

Mit dem Sicherheitsschalter 5 kann im Notfall/Bedarfsfall ein Stromkreis geschlossen werden. Dazu werden der erste elektrische Leiter 8, der zweite elektrische Leiter 9 unter Ausbildung des Zwischenraums 11 im Sicherheitsschalter 5, insbesondere im Gehäuse 13, angeordnet. Weiter wird der dritte elektrische Leiter 10 beabstandet zum ersten und zweiten elektrischen Leiter 8, 9 angeordnet und im Notfall/Bedarfsfall aktuatorisch betätigt, um den Zwischenraum 11 zu überbrücken und damit die Kontaktierung des ersten und zweiten elektrischen Leiters 8, 9 und Schließung des Stromkreises zu bewirken. Als dritter elektrischer Leiter 10 wird ein elektrischer Leiter aus oder mit einem porösen Werkstoff eingesetzt, und im Zuge der aktuatorischen Betätigung des dritten elektrischen Leiters 10 dieser zumindest im Bereich der Kontaktierung mit dem ersten und/oder zweiten elektrischen Leiter 8, 9 verdichtet. Der poröse Werkstoff weist eine Dichte von mindestens 80 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes auf.

In der bevorzugten Ausführungsvariante wird als dritter elektrischer Leiter 10 ein Sinterkörper mit bewusst mit niedrigerer Dichte hergestellt. Als Werkstoff wird bevorzugt Kupfer mit einem Reinheitsgrad von 99,9 % eingesetzt. Die Fertigdichte des dritten elektrischen Leiters 10 kann zwischen $7,5 \text{ g/cm}^3$ und $8,8 \text{ g/cm}^3$ betragen. Im Vergleich dazu hat Kupfer eine Volldichte von $8,96 \text{ g/cm}^3$.

Bevorzugt wird ein pyrotechnischer Aktuator 12 mit einem Treibmittel 14 eingesetzt, dass beim Zünden einen Druck zwischen 40 bar und 90 bar aufbaut, sodass der dritte elektrische Leiter 10 auf den ersten elektrischen Leiter 8 und den zweiten elektrischen Leiter 9 aufgesprengt wird.

Der dritte elektrische Leiter 10 weist nach dem Sintern vorzugsweise eine Brinell-Härte gemäß DIN EN ISO 6506-1:2015-02 zwischen 30 und 70 HB $2,5/31,25$ auf.

Die Ausführungsbeispiele zeigen bzw. beschreiben mögliche Ausführungsvarianten, wobei auch Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Kraftfahrzeugs 1 und des Sicherheitsschalters 5 diese nicht notwendigerweise maßstäblich dargestellt sind.

Bezugszeichenliste

- 1 Kraftfahrzeug
- 2 Speicherelement
- 3 Element
- 4 Stromkreis
- 5 Sicherheitsschalter
- 6 Stromkreis
- 7 Kondensator
- 8 Leiter
- 9 Leiter
- 10 Leiter
- 11 Zwischenraum
- 12 Aktuator
- 13 Gehäuse
- 14 Treibladung
- 15 Kammer
- 16 Mantel
- 17 Stirnfläche
- 18 Stirnfläche
- 19 Öffnung
- 20 Öffnung
- 21 Ausnehmung
- 22 Breite
- 23 Breite
- 24 Kolben
- 25 Ausnehmung
- 26 Übergangsfläche
- 27 Abschnitt
- 28 Abschnitt

Patentansprüche

1. Sicherheitsschalter (5) umfassend einen ersten elektrischen Leiter (8), einen zweiten elektrischen Leiter (9), einen dritten elektrischen Leiter (10) und einen Aktuator (12), wobei zwischen dem ersten Leiter (8) und dem zweiten elektrischen Leiter (9) ein Zwischenraum (11) ausgebildet ist, der mit dem dritten elektrischen Leiter (10) durch Kontaktierung mit dem ersten und zweiten elektrischen Leiter (8, 9) elektrisch leitend überbrückbar ist, wobei der dritte elektrische Leiter (10) in einer Ruheposition angeordnet ist, aus der der dritte elektrische Leiter (10) durch den Aktuator (12) in die den Zwischenraum (11) überbrückende Stellung verbracht werden kann, und wobei entweder der dritte elektrische Leiter (10) zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff besteht und/oder zumindest einer von dem ersten und/oder dem zweiten elektrischen Leiter (8, 9) zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff besteht/bestehen, dadurch gekennzeichnet, dass der poröse Werkstoff eine Dichte von mindestens 80 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes aufweist.
2. Sicherheitsschalter (5) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der poröse Werkstoff eine Dichte von maximal 98 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes aufweist.
3. Sicherheitsschalter (5) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der poröse Werkstoff ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus Kupfer, Aluminium, Sinterstahl, Silber, Gold, Platin, und Legierungen von diesen Metallen.
4. Sicherheitsschalter (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte elektrische Leiter (10) ein pulvermetallurgisch hergestelltes Bauteil oder ein mittels eines additiven Verfahrens hergestelltes Bauteil ist.

5. Sicherheitsschalter (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator (12) ein pyrotechnischer Aktuator (12) ist.
6. Sicherheitsschalter (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte elektrische Leiter (10) zumindest eine erste Ausnehmung (21) für zumindest einen Teil des ersten elektrischen Leiters (8) und/oder zumindest eine zweite Ausnehmung (21) für zumindest einen Teil des zweiten elektrischen Leiters (9) aufweist.
7. Sicherheitsschalter (5) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Ausnehmung (21) eine Breite (22) aufweist, die kleiner ist als eine Breite (23) des ersten elektrischen Leiters (8) und/oder dass die zweite Ausnehmung (21) eine Breite (22) aufweist, die kleiner ist als eine Breite (23) des zweiten elektrischen Leiters (9).
8. Sicherheitsschalter (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte elektrische Leiter (10) aus mehreren unterschiedlichen Werkstoffen besteht, wobei der poröse Werkstoff im Bereich Kontaktierbarkeit mit dem ersten und zweiten elektrischen Leiter (8, 9) angeordnet ist.
9. Kraftfahrzeug (1) aufweisend ein wiederaufladbares Speicherelement (2) für elektrische Energie und/oder ein elektrische Energie erzeugendes Element (3), sowie zumindest einen Sicherheitsschalter (5) zur bedarfsweisen Schließung von zumindest einem Stromkreis (4, 6) zur Ableitung von elektrischer Energie, dadurch gekennzeichnet, dass der Sicherheitsschalter (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 gebildet ist.
10. Verfahren zur Schließung eines elektrischen Stromkreises (4, 6) umfassend die Schritte:
 - Anordnung eines ersten elektrischen Leiters (8),

- Anordnung eines zweiten elektrischen Leiters (9) unter Ausbildung eines Zwischenraums (11) zum ersten elektrischen Leiter (8),
- Anordnung eines dritten elektrischen Leiters (10),
- aktuatorische Betätigung des dritten elektrischen Leiters (10) zur Überbrücken des Zwischenraums (11) und Kontaktierung des ersten und zweiten elektrischen Leiters (8, 9) und Schließung des Stromkreises (4, 6),

wobei als dritter elektrischer Leiter (10) ein elektrischer Leiter (10) aus oder mit einem porösen Werkstoff eingesetzt wird, und/oder zumindest einer von dem ersten und/oder dem zweiten elektrischen Leiter (8, 9) aus oder mit einem porösen Werkstoff eingesetzt wird/werden, und im Zuge der aktuatorischen Betätigung des dritten elektrischen Leiters (10) dieser zumindest im Bereich der Kontaktierung mit dem ersten und/oder zweiten elektrischen Leiter (8, 9) verdichtet wird oder der erste und/oder zweite elektrische Leiter (8, 9) zumindest im Bereich der Kontaktierung mit dem dritten elektrischen Leiter (10) verdichtet wird oder werden, dadurch gekennzeichnet, dass als poröser Werkstoff ein Werkstoff eingesetzt wird, der eine Dichte von mindestens 80 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes aufweist.

Fig.1

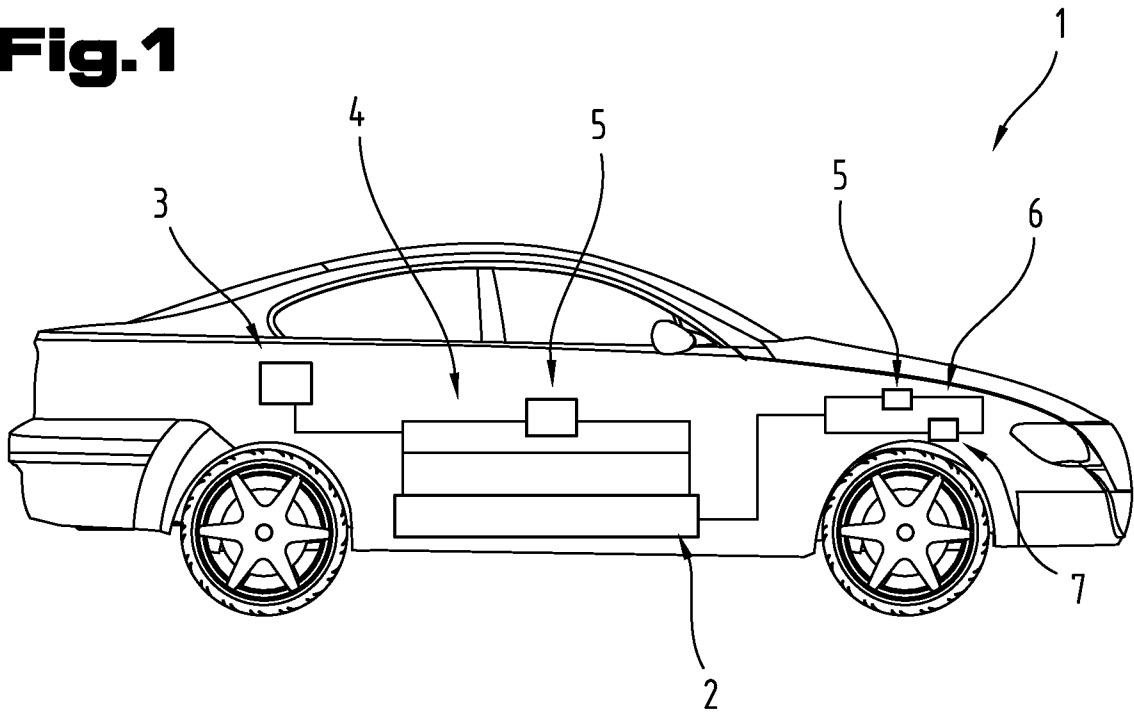


Fig.2

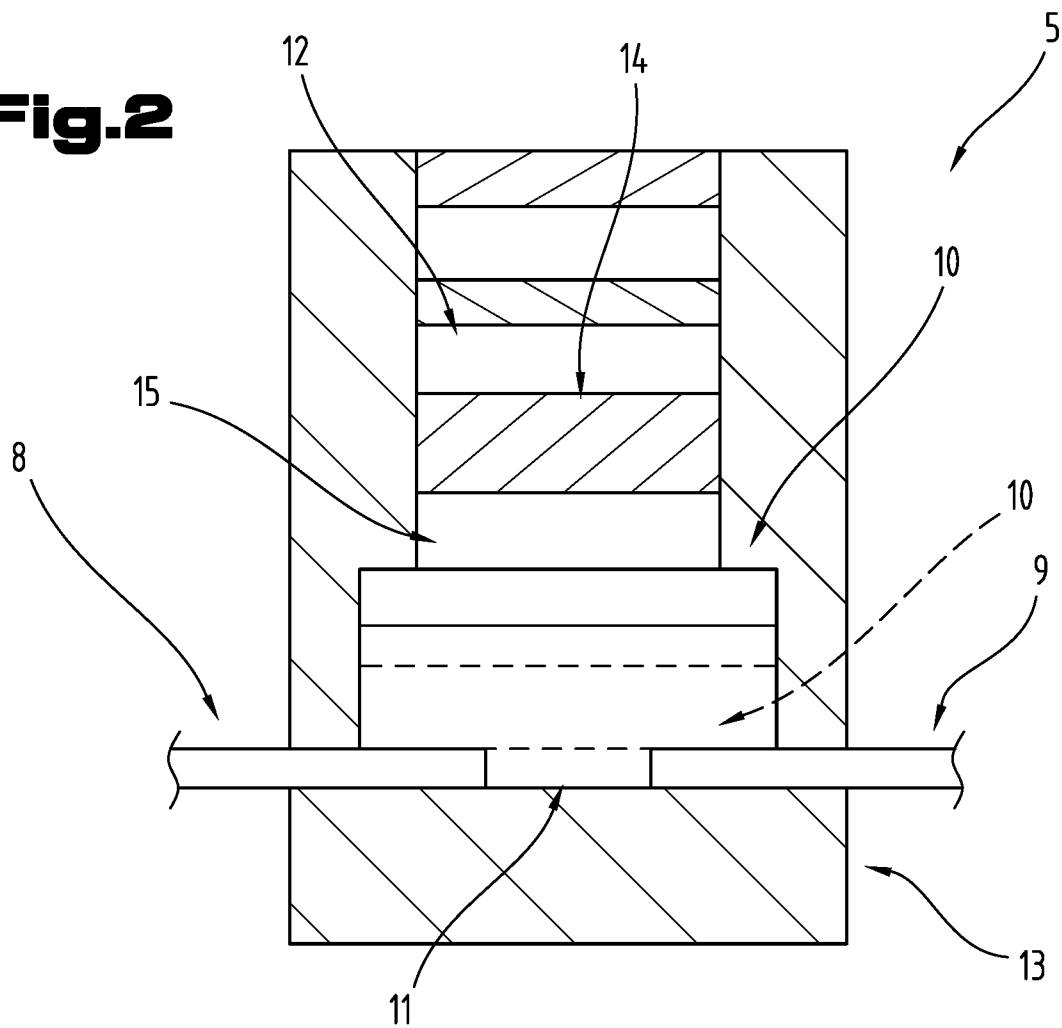


Fig.3

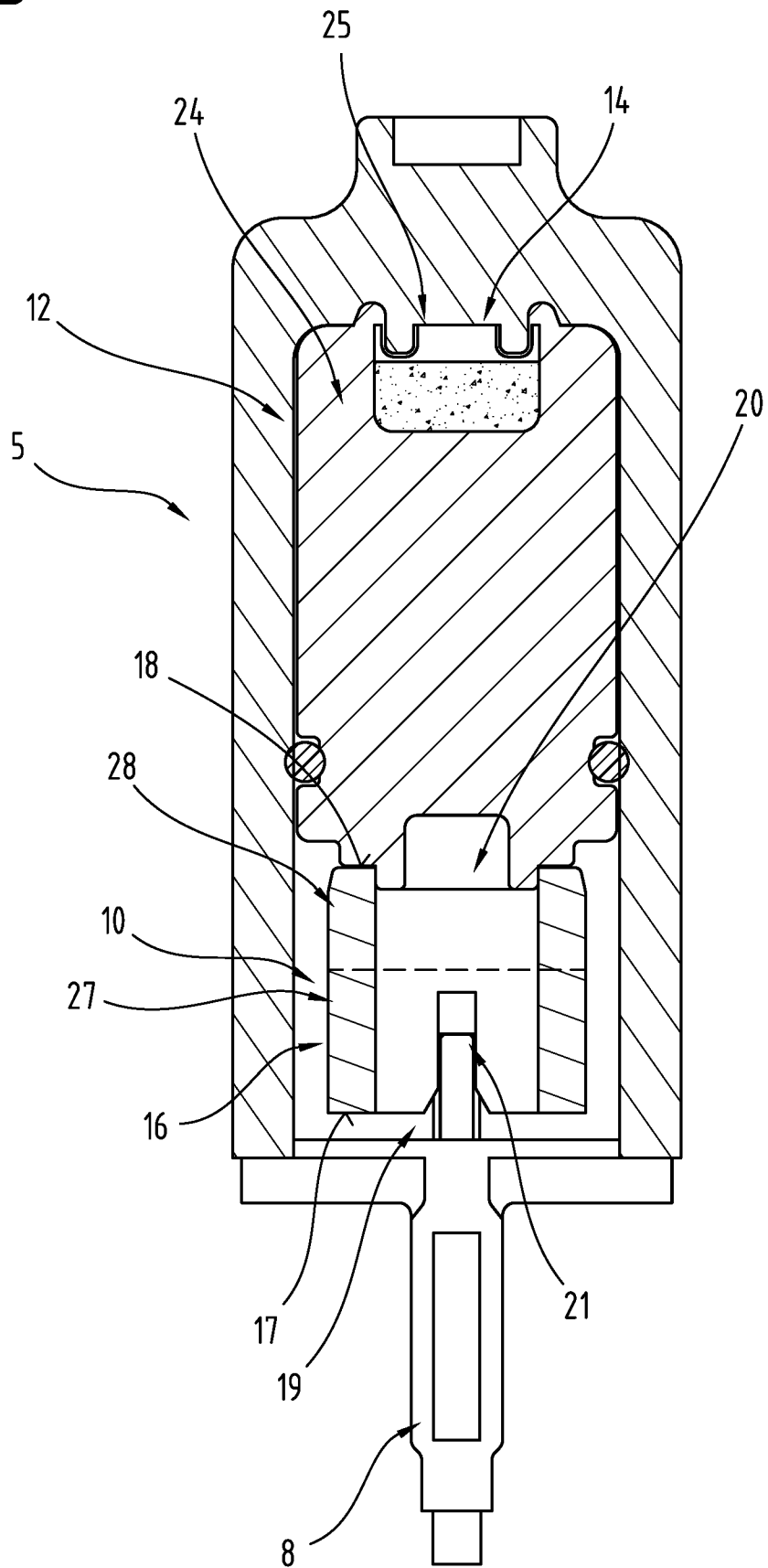


Fig.4

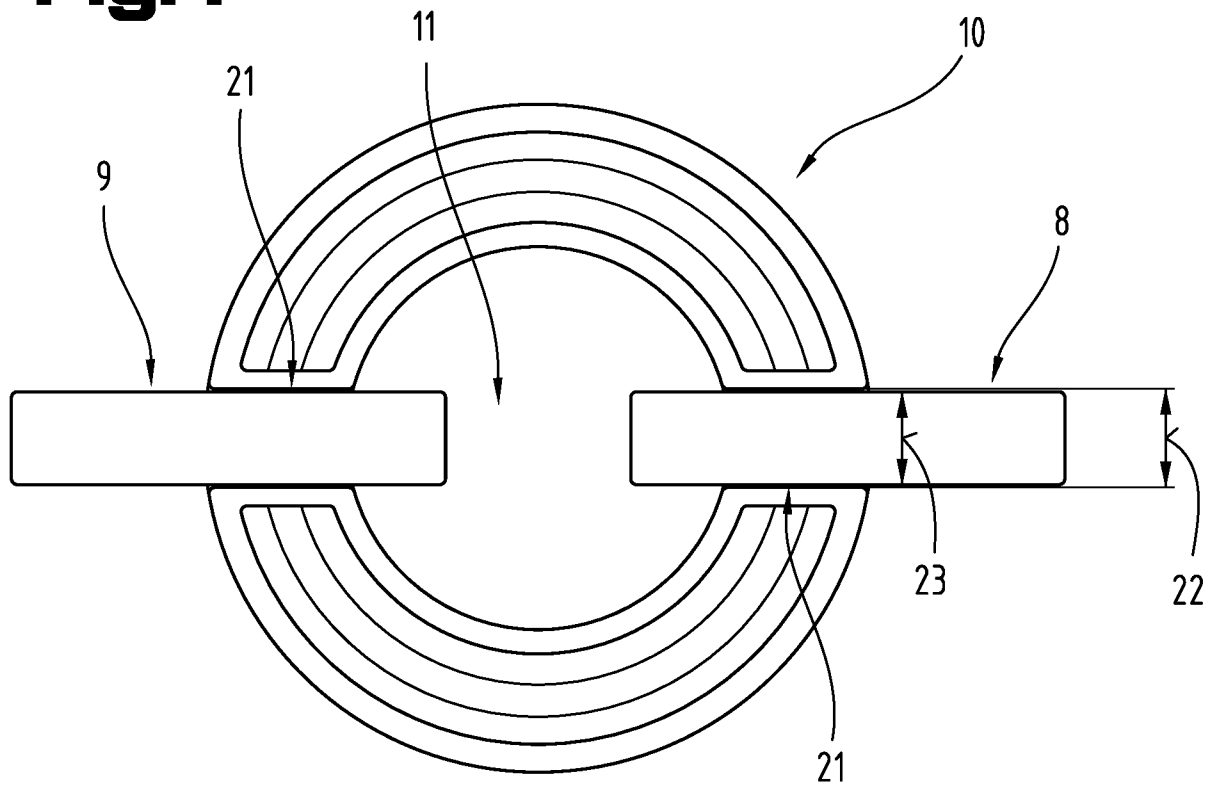
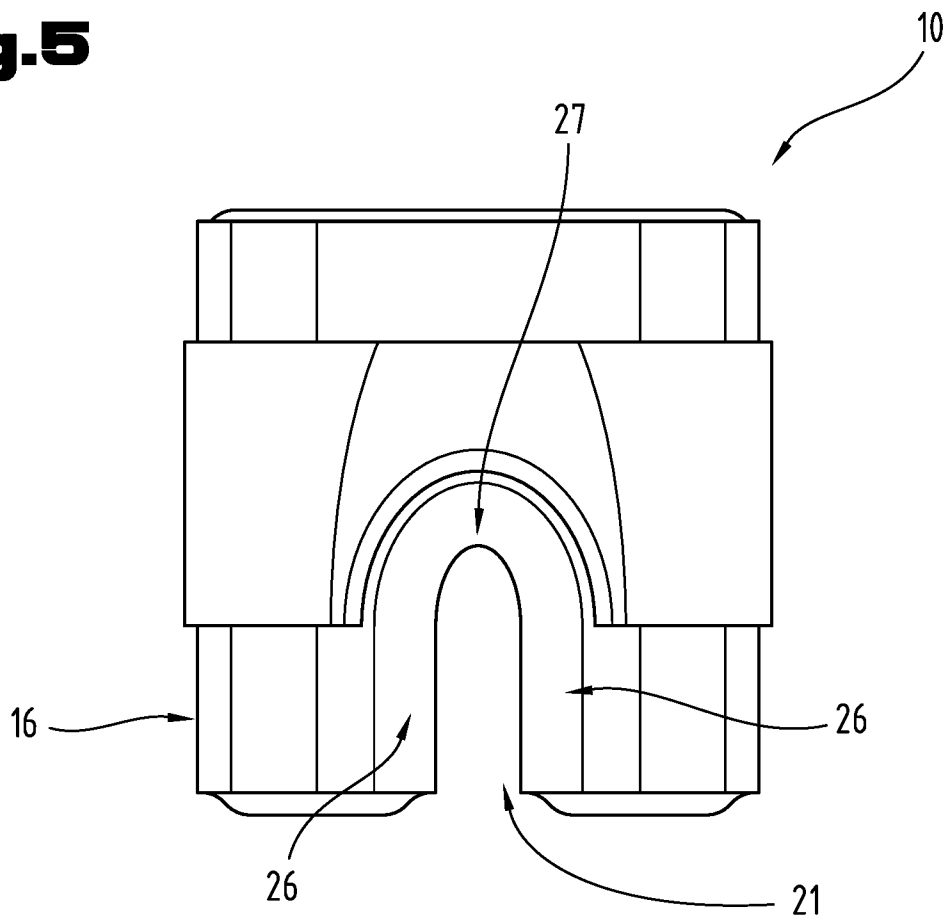


Fig.5



Patentansprüche

1. Sicherheitsschalter (5) umfassend einen ersten elektrischen Leiter (8), einen zweiten elektrischen Leiter (9), einen dritten elektrischen Leiter (10) und einen Aktuator (12), wobei zwischen dem ersten Leiter (8) und dem zweiten elektrischen Leiter (9) ein Zwischenraum (11) ausgebildet ist, der mit dem dritten elektrischen Leiter (10) durch Kontaktierung mit dem ersten und zweiten elektrischen Leiter (8, 9) elektrisch leitend überbrückbar ist, wobei der dritte elektrische Leiter (10) in einer Ruheposition angeordnet ist, aus der der dritte elektrische Leiter (10) durch den Aktuator (12) in die den Zwischenraum (11) überbrückende Stellung verbracht werden kann, und wobei entweder der dritte elektrische Leiter (10) zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff besteht und/oder zumindest einer von dem ersten und/oder dem zweiten elektrischen Leiter (8, 9) zumindest teilweise aus einem porösen Werkstoff besteht/bestehen, dadurch gekennzeichnet, dass der poröse Werkstoff eine Dichte von mindestens 80 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes und von maximal 98 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes aufweist.
2. Sicherheitsschalter (5) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der poröse Werkstoff ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus Kupfer, Aluminium, Sinterstahl, Silber, Gold, Platin, und Legierungen von diesen Metallen.
3. Sicherheitsschalter (5) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte elektrische Leiter (10) ein pulvermetallurgisch hergestelltes Bauteil oder ein mittels eines additiven Verfahrens hergestelltes Bauteil ist.
4. Sicherheitsschalter (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator (12) ein pyrotechnischer Aktuator (12) ist.

5. Sicherheitsschalter (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte elektrische Leiter (10) zumindest eine erste Ausnehmung (21) für zumindest einen Teil des ersten elektrischen Leiters (8) und/oder zumindest eine zweite Ausnehmung (21) für zumindest einen Teil des zweiten elektrischen Leiters (9) aufweist.
6. Sicherheitsschalter (5) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Ausnehmung (21) eine Breite (22) aufweist, die kleiner ist als eine Breite (23) des ersten elektrischen Leiters (8) und/oder dass die zweite Ausnehmung (21) eine Breite (22) aufweist, die kleiner ist als eine Breite (23) des zweiten elektrischen Leiters (9).
7. Sicherheitsschalter (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte elektrische Leiter (10) aus mehreren unterschiedlichen Werkstoffen besteht, wobei der poröse Werkstoff im Bereich Kontaktierbarkeit mit dem ersten und zweiten elektrischen Leiter (8, 9) angeordnet ist.
8. Kraftfahrzeug (1) aufweisend ein wiederaufladbares Speicherelement (2) für elektrische Energie und/oder ein elektrische Energie erzeugendes Element (3), sowie zumindest einen Sicherheitsschalter (5) zur bedarfsweisen Schließung von zumindest einem Stromkreis (4, 6) zur Ableitung von elektrischer Energie, dadurch gekennzeichnet, dass der Sicherheitsschalter (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 gebildet ist.
9. Verfahren zur Schließung eines elektrischen Stromkreises (4, 6) umfassend die Schritte:
- Anordnung eines ersten elektrischen Leiters (8),
 - Anordnung eines zweiten elektrischen Leiters (9) unter Ausbildung eines Zwischenraums (11) zum ersten elektrischen Leiter (8),
 - Anordnung eines dritten elektrischen Leiters (10),

– aktuatorische Betätigung des dritten elektrischen Leiters (10) zur Überbrücken des Zwischenraums (11) und Kontaktierung des ersten und zweiten elektrischen Leiters (8, 9) und Schließung des Stromkreises (4, 6), wobei als dritter elektrischer Leiter (10) ein elektrischer Leiter (10) aus oder mit einem porösen Werkstoff eingesetzt wird, und/oder zumindest einer von dem ersten und/oder dem zweiten elektrischen Leiter (8, 9) aus oder mit einem porösen Werkstoff eingesetzt wird/werden, und im Zuge der aktuatorischen Betätigung des dritten elektrischen Leiters (10) dieser zumindest im Bereich der Kontaktierung mit dem ersten und/oder zweiten elektrischen Leiter (8, 9) verdichtet wird oder der erste und/oder zweite elektrische Leiter (8, 9) zumindest im Bereich der Kontaktierung mit dem dritten elektrischen Leiter (10) verdichtet wird oder werden, dadurch gekennzeichnet, dass als poröser Werkstoff ein Werkstoff eingesetzt wird, der eine Dichte von mindestens 80 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes und von maximal 98 % der theoretischen Dichte des Werkstoffes aufweist.