



(10) **DE 10 2018 105 826 B4** 2021.03.18

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 105 826.8**
(22) Anmeldetag: **14.03.2018**
(43) Offenlegungstag: **19.09.2019**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.03.2021**

(51) Int Cl.: **B60R 16/03 (2006.01)**
H05K 10/00 (2006.01)
H02J 1/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Lisa Dräxlmaier GmbH, 84137 Vilsbiburg, DE

(72) Erfinder:
Wortberg, Michael, 84405 Dorfen, DE; Jakob, Günther, 94439 Roßbach, DE; Kerber, Alfred, 84164 Moosthenning, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	197 34 598	C1
DE	100 20 141	A1
DE	10 2014 214 103	A1
DE	10 2016 103 829	A1

(54) Bezeichnung: **ELEKTRISCHES VERSORGUNGSSYSTEM UND VERFAHREN**

(57) Hauptanspruch: Elektrisches Versorgungssystem (100, 200) zur Versorgung elektrischer Verbraucher (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283) in einem Fahrzeug, aufweisend:

ein erstes Versorgungsnetz (101, 201), welches ausgebildet ist, elektrische Verbraucher (180, 182, 280, 282) mit einem ersten Sicherheitslevel mit elektrischer Energie zu versorgen,

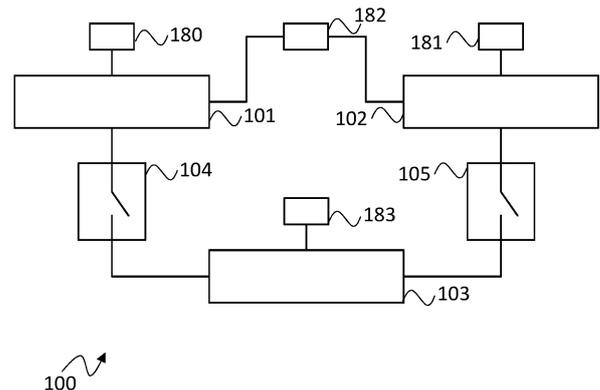
ein zweites Versorgungsnetz (102, 202), welches ausgebildet ist, elektrische Verbraucher (181, 183, 281, 283) mit dem ersten Sicherheitslevel mit elektrischer Energie zu versorgen,

ein drittes Versorgungsnetz (103, 203), welches ausgebildet ist, elektrische Verbraucher (183, 283) mit einem zweiten Sicherheitslevel mit elektrischer Energie zu versorgen, wobei der zweite Sicherheitslevel eine niedrigere Kritikalität kennzeichnet, als der erste Sicherheitslevel,

ein erstes steuerbares Trennelement (104, 204, 304), welches ausgebildet ist, gesteuert das erste Versorgungsnetz (101, 201) elektrisch mit dem dritten Versorgungsnetz (103, 203) zu koppeln und/oder von diesem zu trennen,

ein zweites steuerbares Trennelement (105, 205), welches ausgebildet ist, gesteuert das zweite Versorgungsnetz (102, 202) elektrisch mit dem dritten Versorgungsnetz (103, 203) zu koppeln und/oder von diesem zu trennen, und

eine Hauptenergiequelle (210), welche in dem dritten Versorgungsnetz (103, 203) angeordnet ist, und mit einer ersten Versorgungsenergiequelle (211), welche in dem ersten Versorgungsnetz (101, 201) angeordnet ist, und mit einer zweiten Versorgungsenergiequelle ...



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektrisches Versorgungssystem. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Versorgungssystems.

Stand der Technik

[0002] Die vorliegende Erfindung wird im Folgenden hauptsächlich in Verbindung mit elektrischen Fahrzeugsystemen beschrieben. Es versteht sich aber, dass die vorliegende Erfindung auch in Verbindung mit anderen elektrischen Systemen genutzt werden kann.

[0003] In modernen Fahrzeugen wird eine Vielzahl von elektrischen Fahrzeugsystemen eingesetzt. Solche Fahrzeugsysteme können beispielsweise Komfortfunktionen für die Insassen des Fahrzeugs bereitstellen. Als Komfortfunktionen werden üblicherweise beispielsweise die Klimaanlage, elektrisch verstellbare Sitze beziehungsweise Spiegel und dergleichen bezeichnet. Andere Fahrzeugsysteme können den Fahrer aber auch beim Führen des Fahrzeugs unterstützen. Dies geht soweit, dass die Fahrzeugsysteme den Fahrer nicht nur unterstützen, sondern für diesen das Fahrzeug autonom führen und damit auch die Verantwortung über das Fahrzeug übernehmen. Solche Fahrzeugsysteme werden üblicherweise mit einem Sicherheitslevel, beispielsweise einem ASIL-Level von **ASIL-D** (ASIL = Automotive Safety Integrity Level gemäß ISO 26262), klassifiziert, was der höchsten Einstufung gemäß den ASIL-Levels A - D und QM („quality management“) entspricht.

[0004] Insbesondere für Fahrzeugsysteme, die das Fahrzeug (teil-, halb- oder voll-) autonom führen, muss eine sichere Energieversorgung sichergestellt werden, sodass ein Ausfall beispielsweise einer Energiequelle in dem Fahrzeug nicht zu einem undefinierten beziehungsweise unkontrollierten Verhalten des Fahrzeugs führt. Fahrzeugsysteme mit erhöhten Sicherheitsanforderungen werden daher in einem Fahrzeug üblicherweise über zwei redundante Energienetze mit elektrischer Energie versorgt.

[0005] Dazu können beispielsweise ein primäres und ein sekundäres Energienetz mit jeweils einer eigenen Energiequelle bereitgestellt werden, welche solche Fahrzeugsysteme bei Bedarf mit elektrischer Energie versorgen können. Die Energiequelle, beispielsweise eine Batterie, des sekundären Energienetzes kann dabei bis zum Eintreten eines Fehlers in dem primären Energienetz beispielsweise aus dem primären Energienetz geladen werden. Üblicherweise werden Systeme, die nicht sicherheitsrelevant sind, über eines der zwei Energienetze versorgt.

[0006] Eine Architektur mit zwei Energienetzen stellt dabei erhöhte Anforderungen an die Trennung zwischen den zwei Energienetzen. Beispielsweise darf ein Fehler in einem der Energienetze nicht zum Versagen des anderen Energienetzes führen. Dies führt dazu, dass insbesondere Elemente, welche beide Energienetze verbinden, üblicherweise mit der Sicherheitsstufe ASIL D eingestuft werden und entsprechende Anforderungen erfüllen müssen.

[0007] Dokument DE 100 20 141 A1 zeigt ein Bordnetzsystem mit einem Fahrzeugbordnetz und mindestens einem sicherheitsrelevanten Teilbordnetz, wobei das sicherheitsrelevante Teilbordnetz über eine Spannungsversorgung verfügt und von dem Fahrzeugbordnetz elektrisch getrennt werden kann. Dokument DE 10 2016 103 829 A1 zeigt eine Energieversorgungseinheit, welche z.B. das Bereitstellen einer globalen ersten Spannungsebene und einer zusätzlichen, fahrzeugbezogenen lokalen zweiten Spannungsebene ermöglicht. Dokument DE 10 2014 214 103 A1 zeigt ein Bordnetz, mit Teilbordnetzen in denen sicherheitsrelevante Verbraucher unabhängig von dem Hauptbordnetz betrieben werden können. Dokument DE 197 34 598 C1 zeigt ebenfalls ein Bordnetz, mit Teilbordnetzen in denen sicherheitsrelevante Verbraucher unabhängig von dem Hauptbordnetz betrieben werden können.

Beschreibung der Erfindung

[0008] Eine Aufgabe der Erfindung ist es daher, unter Einsatz konstruktiv möglichst einfacher Mittel eine sichere Versorgung elektrischer Verbraucher mit elektrischer Energie zu ermöglichen.

[0009] Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den begleitenden Figuren angegeben. Insbesondere können die unabhängigen Ansprüche einer Anspruchskategorie auch analog zu den abhängigen Ansprüchen einer anderen Anspruchskategorie weitergebildet sein.

[0010] Die vorliegende Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass es mit hohem Aufwand verbunden ist, wenn elektrische Verbraucher unterschiedlicher Sicherheitslevel, also beispielsweise **ASIL-B** mit **QM**, gemeinsam in einem Versorgungsnetz betrieben werden sollen.

[0011] Die oben bereits erwähnten Fahrzeugsysteme, die beispielsweise mit dem Sicherheitslevel **ASIL-D** eingestuft sein können, können auf Grund der Dekomposition der ASIL-Level bei redundanter Versorgung aus zwei Versorgungsnetzen mit dem Sicherheitslevel **ASIL-B(D)** versorgt werden. Befinden sich nun Verbraucher mit niedrigerem Sicherheitslevel, also beispielsweise **QM** („quality management“),

in einem der zwei Versorgungsnetze, werden diese automatisch mit dem Sicherheitslevel **ASIL-B(D)** belegt und müssen folglich die entsprechenden Anforderungen erfüllen. Um mit bereits verfügbaren Systemen, die bisher den Sicherheitslevel **QM** erfüllen, die Anforderungen des Sicherheitslevels **ASIL-B(D)** erfüllen zu können, müssten diese aufwändig qualifiziert und eventuell verändert werden.

[0012] Ferner würde ein Fehler eines solchen Systems mit bisherigem Sicherheitslevel **QM** beziehungsweise ein Spannungseinbruch durch eine konstruktive Überlagerung der Lasten in dem Versorgungsnetz zu einem sofortigen Übergang in einen Notmodus führen und das Fahrzeug würde als sog. „Liegenbleiber“ stillgelegt.

[0013] Ferner werden in üblichen Bordnetzarchitekturen mit zwei Versorgungsnetzen Verbindungselemente zwischen den zwei Versorgungsnetzen vorgesehen. Solche Verbindungselemente können im Normalbetrieb beispielsweise den Energiespeicher in dem zweiten beziehungsweise sekundären Versorgungsnetz laden. Ein Fehler in einem solchen Verbindungselement könnte aber beide Versorgungsnetze beeinträchtigen. Folglich würde ein solches Verbindungselement mit dem sehr hohen Sicherheitslevel **ASIL-D** eingestuft und müsste die entsprechenden Anforderungen erfüllen.

[0014] Um die oben genannten Nachteile einer Architektur mit zwei Versorgungsnetzen zu umgehen, schlägt die vorliegende Erfindung ein elektrisches Versorgungssystem vor, welches drei Versorgungsnetze aufweist. Das erste Versorgungsnetz und das zweite Versorgungsnetz dienen dabei beide der Versorgung elektrischer Verbraucher oder Systeme mit dem gleichen Sicherheitslevel, also beispielsweise **ASIL-D**. Solche Verbraucher können im Folgenden auch als ASIL-Verbraucher bezeichnet werden. Das dritte Versorgungsnetz dient der Versorgung elektrischer Verbraucher oder Systeme mit einem niedrigeren Sicherheitslevel, die beispielsweise nicht als sicherheitsrelevant eingestuft sind, also beispielsweise den Sicherheitslevel **QM** erhalten haben. Solche Verbraucher können im Folgenden auch als QM-Verbraucher bezeichnet werden. Der erste Sicherheitslevel kann also als sicherheitskritisch eingestufte Verbraucher aufweisen, während der zweite Sicherheitslevel als nicht-sicherheitskritisch eingestufte Verbraucher aufweisen kann. Beispielhafte Verbraucher, welche üblicherweise als sicherheitskritisch eingestuft werden, können beispielsweise elektronische Lenksysteme, Stabilitätskontrollsysteme, elektronische Bremssysteme und dergleichen sein. Als nicht-sicherheitskritisch werden üblicherweise alle Komfortsysteme, beispielsweise Heizung beziehungsweise Klimatisierung, Multimedia-Einheiten und elektrische Verstellung beispielsweise für Sitze und Spiegel eingestuft.

[0015] Um eine Trennung der elektrischen Verbraucher beziehungsweise der Versorgungsnetze nach Sicherheitslevel zu ermöglichen, sieht die vorliegende Erfindung die steuerbaren Trennelemente vor. Jeweils eines der Trennelemente ist zwischen dem ersten Versorgungsnetz und dem dritten Versorgungsnetz und eines zwischen dem zweiten Versorgungsnetz und dem dritten Versorgungsnetz angeordnet.

[0016] Dies führt dazu, dass im Normalzustand beziehungsweise im fehlerfreien Zustand das erste Versorgungsnetz und das zweite Versorgungsnetz über das dritte Versorgungsnetz miteinander gekoppelt werden. Ein Energiefluss ist folglich zwischen dem dritten Versorgungsnetz und dem ersten beziehungsweise zweiten Versorgungsnetz möglich.

[0017] Es versteht sich, dass die Verbraucher in dem ersten Versorgungsnetz und in dem zweiten Versorgungsnetz zumindest teilweise die gleichen Verbraucher sein können, die redundant mit elektrischer Energie versorgt werden. Dies ist insbesondere beispielsweise dann der Fall, wenn die Funktion des jeweiligen Verbrauchers nicht durch einen anderen Verbraucher ersetzt werden kann, wie beispielsweise bei einer elektronischen Lenkung.

[0018] Es können auch unterschiedliche Verbraucher durch das erste und das zweite Versorgungsnetz versorgt werden. Dies ist insbesondere beispielsweise dann der Fall, wenn die Funktion eines Verbrauchers durch einen anderen Verbraucher ersetzt werden kann. Beispielsweise kann die Funktion einer elektronischen Bremse bei geeigneter Auslegung auch durch ein Stabilitätskontrollsystem, auch ESP genannt, bereitgestellt werden.

[0019] Durch die steuerbaren Trennelemente wird es nun möglich, die Versorgungsnetze jederzeit gesteuert, also beispielsweise bei Erkennung eines Fehlers, zu trennen. Beispielsweise können das erste und das zweite Trennelement geöffnet werden, wenn ein Fehler eines QM-Verbrauchers in dem dritten Versorgungsnetz zu einem Spannungseinbruch in diesem führt. Ferner kann beispielsweise das erste Trennelement geöffnet werden, wenn in dem ersten Versorgungsnetz ein Fehler auftritt. Gleiches gilt für das zweite Trennelement. Ferner kann beispielsweise das erste Trennelement geöffnet werden, falls das zweite Trennelement defekt ist und ein Fehler in dem zweiten Versorgungsnetz zu einem Spannungseinbruch führt. Die Versorgung der elektrischen Verbraucher durch das erste Versorgungsnetz wäre folglich weiterhin sichergestellt.

[0020] Das elektrische Versorgungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung stellt also zwei unabhängige Versorgungsnetze für sicherheitskritische elektrische Verbraucher bereit. Ferner garantiert das elektrische Versorgungssystem deren Interferenz-

freiheit, das erste und das zweite Versorgungsnetz werden folglich nicht durch Fehler in dem dritten Versorgungsnetz beeinflusst beziehungsweise können von dessen Einflüssen entkoppelt werden. Ferner können bei einem einfachen Fehler beziehungsweise einem Einfach-Fehler in dem ersten oder dem zweiten Versorgungsnetz die Verbraucher mit dem ersten Sicherheitslevel über das fehlerfreie Versorgungsnetz weiterversorgt werden und ein autonomer Weiterbetrieb, zumindest eingeschränkt (sog. „Limp home“ Modus), gewährleistet werden.

[0021] Da das erste Versorgungsnetz und das zweite Versorgungsnetz eine redundante und unabhängige Versorgung der ASIL-Verbraucher gewährleisten, kann ferner der Sicherheitslevel für die steuerbaren Trennelemente durch Dekomposition beispielsweise von **ASIL-D** jeweils auf **ASIL-B(D)** gesenkt werden.

[0022] Mit dem elektrischen Versorgungssystem der vorliegenden Erfindung wird es folglich möglich, ASIL-Verbraucher redundant und unabhängig mit elektrischer Energie zu versorgen und gleichzeitig QM-Verbraucher ohne erhöhte Anforderungen an deren Sicherheit zu betreiben. Dies ermöglicht insbesondere die Weiter- beziehungsweise Wiederverwendung bereits bestehender Systeme in modernen Fahrzeugen.

[0023] Weitere Ausführungsformen und Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren.

[0024] In einer Ausführungsform kann das elektrische Versorgungssystem eine Hauptenergiequelle aufweisen, welche in dem dritten Versorgungsnetz angeordnet ist. Ferner kann das elektrische Versorgungssystem eine erste Versorgungsenergiequelle, welche in dem ersten Versorgungsnetz angeordnet ist, und eine zweite Versorgungsenergiequelle aufweisen, welche in dem zweiten Versorgungsnetz angeordnet ist.

[0025] Die Hauptenergiequelle kann beispielsweise ein Generator beziehungsweise eine Lichtmaschine in einem Fahrzeug sein. Die Hauptenergiequelle kann beispielsweise auch ein Spannungswandler sein, der aus einer Hochvoltbatterie, beispielsweise mit einer Spannung von mehreren 100 V, in einem Elektrofahrzeug eine Spannung von beispielsweise 12 V oder 48 V für die elektrischen Verbraucher in dem ersten, zweiten und dritten Versorgungsnetz erzeugt.

[0026] Bei bestehender Kopplung des ersten und des zweiten Versorgungsnetzes mit dem dritten Versorgungsnetz kann die elektrische Energie, welche von der Hauptenergiequelle erzeugt wird, in das erste und das zweite Versorgungsnetz übertragen werden.

Dort können beispielsweise in den Versorgungsenergiequellen vorhandene Energiespeicher aufgeladen werden.

[0027] In einer Ausführungsform kann die erste Versorgungsenergiequelle eine Fahrzeugbatterie aufweisen und die erste Versorgungsenergiequelle kann ausgebildet sein, in einem fehlerfreien Betrieb des elektrischen Versorgungssystems die elektrischen Verbraucher des dritten Versorgungsnetzes mit elektrischer Energie zu versorgen.

[0028] Die Fahrzeugbatterie kann beispielsweise die in einem Fahrzeug üblicherweise vorhandene 12-V-Batterie beziehungsweise eine in modernen Fahrzeugen eingesetzte 48-V-Batterie sein. Solche Batterien können beispielsweise als Bleigel-Batterien oder als Lithium-Ionen-Batterien ausgebildet sein. Es versteht sich, dass ein entsprechendes Batterie- und Lademanagement vorgesehen sein kann.

[0029] Wird die Fahrzeugbatterie als erste Versorgungsenergiequelle, also als die Energiequelle des ersten Versorgungsnetzes genutzt, steht Energie aus der Fahrzeugbatterie auch dann zur Verfügung, wenn die Hauptenergiequelle, beispielsweise eine Lichtmaschine, keine Energie liefert beziehungsweise liefern kann. Ferner kann eine redundante Versorgung der ASIL-Verbraucher in dem elektrischen Versorgungsnetz mit lediglich einer zusätzlichen Energiequelle in dem zweiten Versorgungsnetz sichergestellt werden. Es müssen also zusätzlich zu der Fahrzeugbatterie nicht jeweils in dem ersten und dem zweiten Versorgungsnetz zusätzliche Energiequellen beziehungsweise Energiespeicher bereitgestellt werden.

[0030] Die Verbraucher des dritten Versorgungsnetzes können im Betrieb durch die Hauptenergiequelle und die erste Versorgungsenergiequelle versorgt werden. Dies entspricht in etwa der üblichen Kombination aus einer Lichtmaschine und einer 12-V-Batterie, wie sie in heutigen Fahrzeugen üblich ist. Beispielsweise kann die erste Versorgungsenergiequelle Lastspitzen ausgleichen und ein Einbrechen der Spannung aus der Hauptenergiequelle verhindern.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform kann die zweite Versorgungsenergiequelle einen Energiespeicher, insbesondere eine Batterie, aufweisen.

[0032] Der Energiespeicher in der zweiten Versorgungsenergiequelle kann beispielsweise lediglich als Notversorgung für die elektrischen Verbraucher vorgesehen werden, wird also nur im Fehlerfall benötigt. Aus diesem Grund kann der Energiespeicher mit einer eingeschränkten Kapazität von beispielsweise 10 Ah vorgesehen werden. Mögliche Energiespeicher sind beispielsweise Batterien, insbesondere Lithium-Ionen-Batterien, oder sog. Super-Caps. Es versteht sich, dass eine entsprechende Lade- beziehungsweise

se Steuerschaltung für den Energiespeicher vorgesehen sein kann.

[0033] Ein solcher Energiespeicher kann dann je nach Energiebedarf der entsprechenden Verbraucher für eine gewisse Zeit beispielsweise einen uneingeschränkten beziehungsweise einen eingeschränkten Betrieb ermöglichen. Der eingeschränkte Betrieb kann dabei auch als Degradation des jeweiligen Verbrauchers bezeichnet werden.

[0034] In einer weiteren Ausführungsform kann das zweite steuerbare Trennelement einen Spannungswandler aufweisen, welcher ausgebildet ist eine Spannung in dem dritten Versorgungsnetz in eine Ladspannung für die zweite Versorgungsenergiequelle zu wandeln.

[0035] Die zweite Versorgungsenergiequelle beziehungsweise der Energiespeicher in dem zweiten Versorgungsnetz kann ein anderes Spannungsniveau aufweisen als beispielsweise die Hauptenergiequelle und die erste Versorgungsenergiequelle. Der Spannungswandler dient folglich dazu, elektrische Energie mit der benötigten Spannung in das zweite Versorgungsnetz einzuspeisen.

[0036] In einer Ausführungsform kann das erste steuerbare Trennelement und/oder das zweite steuerbare Trennelement in einem Lastpfad eine Anzahl, also eines oder mehrere, von halbleiterbasierten Schaltelementen aufweisen. Ferner kann das erste steuerbare Trennelement und/oder das zweite steuerbare Trennelement eine Steuereinheit aufweisen, welche mit den halbleiterbasierten Schaltelementen gekoppelt ist und ausgebildet ist, die halbleiterbasierten Schaltelemente anzusteuern.

[0037] Das erste beziehungsweise zweite steuerbare Trennelement kann beispielsweise einen bidirektionalen Trennschalter aufweisen, der zwei MOSFETs aufweist, die in gegengesetzter Polarisierung in einer Reihenschaltung angeordnet sind. Sind die MOSFETs durchgesteuert, kann durch jeden der MOSFETs ein Strom mit der entsprechenden Polarität fließen. Ferner wird der Strom auch über die Diode des jeweils anderen MOSFETs geleitet. Ein bidirektionaler Stromfluss ist folglich möglich. Werden die MOSFETs nicht durchgesteuert, kann folglich kein Strom mehr durch das erste steuerbare Trennelement fließen.

[0038] Die Steuereinheit kann eine Überwachung der Spannung in dem ersten beziehungsweise zweiten Versorgungsnetz und dem dritten Versorgungsnetz durchführen und die halbleiterbasierten Schaltelemente beispielsweise entsprechend ansteuern.

[0039] Beispielsweise kann die Steuereinheit die halbleiterbasierten Schaltelemente durchsteuern,

wenn die Spannungen in dem ersten beziehungsweise zweiten und dem dritten Versorgungsnetz innerhalb eines vorgegebenen Spannungsbereichs liegen. Die Spannung in dem ersten beziehungsweise zweiten und dem dritten Versorgungsnetz kann aber beispielsweise auf Grund eines Fehlers in einem der Verbraucher des ersten beziehungsweise zweiten oder dritten Versorgungsnetzes unter eine vorgegebene Schwelle fallen. In diesem Fall kann die Steuereinheit die halbleiterbasierten Schaltelemente öffnen beziehungsweise nicht mehr ansteuern.

[0040] Beispielsweise kann die Steuereinheit ausgebildet sein, bei einem 12-V-Versorgungsnetz das entsprechende steuerbare Trennelement zu öffnen, wenn die Spannung unter einen Wert von 10,5 V oder dergleichen fällt. Insbesondere kann der Spannungsschwellwert über einer Reset-Schwelle der Verbraucher in dem jeweiligen Versorgungsnetz liegen.

[0041] Das erste beziehungsweise zweite Versorgungsnetz würde folglich von dem dritten Versorgungsnetz getrennt und die Spannung in dem fehlerfreien Versorgungsnetz würde stabilisiert. Es versteht sich, dass beispielsweise lediglich das erste Versorgungsnetz von dem dritten Versorgungsnetz getrennt werden kann und das zweite Versorgungsnetz bis zu einem anderen Spannungsgrenzwert beispielsweise über einen Spannungswandler mit dem dritten Versorgungsnetz gekoppelt bleibt.

[0042] Es versteht sich, dass weitere Überwachungen beziehungsweise eine Kommunikationsschnittstelle in der Steuereinheit vorgesehen sein können. So wird es möglich, die Steuereinheit auch extern, beispielsweise über einen Fahrzeugbus, anzusteuern.

[0043] In einer Ausführungsform kann die Steuereinheit in dem ersten steuerbaren Trennelement den gleichen Sicherheitslevel aufweisen, wie die elektrischen Verbraucher in dem ersten Versorgungsnetz. Zusätzlich oder alternativ kann die Steuereinheit in dem zweiten steuerbaren Trennelement den gleichen Sicherheitslevel aufweisen, wie die elektrischen Verbraucher in dem zweiten Versorgungsnetz.

[0044] Die Funktionalität der Verbraucher in dem ersten beziehungsweise zweiten Versorgungsnetz wird durch die steuerbaren Trennelemente sichergestellt. Lediglich auf Grund der Dekomposition beispielsweise eines **ASIL-D** in zwei **ASIL-B(D)** können die Anforderungen an die einzelnen Versorgungsnetze gering gehalten werden.

[0045] Es versteht sich, dass die Überwachung der Versorgungsnetze beziehungsweise die Ansteuerung der steuerbaren Trennelemente und die entsprechende Überwachung daher dem gleichen Sicherheitslevel genügen müssen.

Figurenliste

[0046] Nachfolgend werden vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines elektrischen Versorgungssystems gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 2 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines elektrischen Versorgungssystems gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines elektrischen Versorgungssystems gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines Trennelements gemäß der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 5 ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0047] Die Figuren sind lediglich schematische Darstellungen und dienen nur der Erläuterung der Erfindung. Gleiche oder gleichwirkende Elemente sind durchgängig mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Detaillierte Beschreibung

[0048] **Fig. 1** zeigt ein Blockschaltbild eines elektrischen Fahrzeugsystems **FS** gemäß dem Stand der Technik. Das Fahrzeugsystem **FS** weist zwei separate Versorgungsnetze auf, die symbolisch durch eine gestrichelte Linie getrennt werden. Das erste Versorgungsnetz (links) weist eine erste Energiequelle **Q1** auf, die beispielsweise eine Batterie sein kann. Ebenso weist das zweite Versorgungsnetz (rechts) eine zweite Energiequelle **Q2** auf, die beispielsweise auch eine Batterie sein kann. In dem ersten Versorgungsnetz ist ferner eine dritte Energiequelle **Q3** angeordnet. Diese dritte Energiequelle **Q3** kann beispielsweise ein DC/DC-Wandler sein, der in einem Elektrofahrzeug aus der Spannung der Fahrzeughochvoltbatterie eine 12-V-Spannung erzeugt.

[0049] In dem ersten Versorgungsnetz ist ferner eine Anzahl von Systemen mit der Sicherheitseinstufung **QM** (schematisch als Quadrat dargestellt, im Folgenden „QM-Systeme“) angeordnet, die über das erste Versorgungsnetz mit elektrischer Energie versorgt werden. Ferner ist ein Schalter **SW** vorgesehen, welcher die QM-Systeme bei einem Überstrom beziehungsweise einer Unterspannung von dem ersten Versorgungsnetz trennt.

[0050] Das zweite Versorgungsnetz ist mit dem ersten Versorgungsnetz über einen Spannungswandler **DCDC** gekoppelt. Dieser ist nötig, da die zwei-

te Energiequelle **Q2** eine andere Ladespannung aufweist, als die erste Energiequelle **Q1**. Die erste Energiequelle **Q1** kann beispielsweise eine übliche 12-V-Fahrzeughochvoltbatterie sein, während die zweite Energiequelle **Q2** eine spezielle Lithium-Ionen-Batterie für eine Notstromversorgung sein kann. Eine solche Lithium-Ionen-Batterie weist eine höhere Ladespannung auf, als beispielsweise eine 12-V-Fahrzeughochvoltbatterie. Die Ladespannung der zweiten Energiequelle **Q2** kann daher beispielsweise bei 16 V oder dergleichen liegen.

[0051] Zwischen dem ersten und dem zweiten Versorgungsnetz sind als sicherheitsrelevant eingestufte Systeme (im Folgenden ASIL-Systeme) angeordnet, die je nach Bedarf aus beiden Versorgungsnetzen über die Verteiler **V1**, **V2** mit elektrischer Energie versorgt werden können.

[0052] Das gezeigte Fahrzeugsystem **FS** geht von einer redundanten Versorgung aus, bei welcher die zwei Versorgungsnetze im Fehlerfall voneinander durch den Spannungswandler **DCDC** getrennt werden können.

[0053] Werden die ASIL-Systeme beispielsweise als ASIL-D-Systeme eingestuft, erlaubt der redundante Versorgungsansatz eine Dekomposition in ASIL-B(D) + ASIL-B(D), also eine Einstufung von **ASIL-B** für jedes der Versorgungsnetze. Allerdings hat die Unabhängigkeit der zwei Versorgungsnetze weiterhin die Einstufung **ASIL-D**.

[0054] Kann aus einem der Versorgungsnetze keine Versorgung der ASIL-Systeme erfolgen, muss das Fahrzeug in einen Notmodus übergehen und in einen sicheren Zustand wechseln (üblicherweise Stillstand des Fahrzeugs).

[0055] Diese bekannte Anordnung hat den Nachteil, dass die QM-Systeme in einem Versorgungsnetz angeordnet werden, welches die Einstufung **ASIL-B(D)** erhält. Folglich „erben“ auch alle QM-Systeme diese Einstufung und müssen die entsprechenden Anforderungen erfüllen. Eine entsprechende Überarbeitung wäre insbesondere bei bereits vorhandenen Systemen sehr aufwändig.

[0056] Da die Unabhängigkeit der zwei Versorgungsnetze weiterhin die Einstufung **ASIL-D** erhält, muss auch der Spannungswandler **DCDC** als trennendes Element (single point of failure) mit der Einstufung **ASIL-D** versehen werden.

[0057] Schließlich führen Fehler in der Vorverteilung beziehungsweise allgemeine Spannungseinbrüche durch konstruktive Überlagerung von Lasten der QM-Systeme sofort zu einem Übergang in den Notmodus und damit zu einem „Liegenbleiber“.

[0058] Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild eines elektrischen Versorgungssystems **100**. Das elektrische Versorgungssystem **100** dient beispielsweise der Versorgung elektrischer Verbraucher **180**, **181**, **182**, **183** in einem Fahrzeug.

[0059] Das elektrische Versorgungssystem **100** weist ein erstes Versorgungsnetz **101**, ein zweites Versorgungsnetz **102** und ein drittes Versorgungsnetz **103** auf. Das erste Versorgungsnetz **101** ist mit dem dritten Versorgungsnetz **103** über ein erstes steuerbares Trennelement **104** gekoppelt. Ferner ist das zweite Versorgungsnetz **102** mit dem dritten Versorgungsnetz **103** über ein zweites steuerbares Trennelement **105** gekoppelt.

[0060] Das erste Versorgungsnetz **101** versorgt elektrische Verbraucher **180**, **182** mit elektrischer Energie. Dabei weisen die elektrischen Verbraucher **180**, **182** einen ersten Sicherheitslevel, beispielsweise **ASIL-D**, auf. Das zweite Versorgungsnetz **102** versorgt elektrische Verbraucher **181**, **182** mit elektrischer Energie. Dabei weisen die elektrischen Verbraucher **181**, **182** ebenfalls den ersten Sicherheitslevel auf.

[0061] Das dritte Versorgungsnetz **103** versorgt elektrische Verbraucher **183** mit einem zweiten Sicherheitslevel, beispielsweise **QM**, mit elektrischer Energie. Der zweite Sicherheitslevel kennzeichnet dabei eine niedrigere Kritikalität, als der erste Sicherheitslevel. Wie bereits erläutert, kann der erste Sicherheitslevel beispielsweise **ASIL-D** sein und der zweite Sicherheitslevel **QM**.

[0062] Das erste steuerbare Trennelement **104** kann gesteuert das erste Versorgungsnetz **101** elektrisch mit dem dritten Versorgungsnetz **103** koppeln beziehungsweise dieses von dem dritten Versorgungsnetz **103** trennen. Analog zu dem ersten steuerbaren Trennelement **104** kann das zweite steuerbare Trennelement **105** das zweite Versorgungsnetz **102** elektrisch mit dem dritten Versorgungsnetz **103** koppeln beziehungsweise diese von dem dritten Versorgungsnetz **103** trennen. Es versteht sich, dass die steuerbaren Trennelemente **104**, **105** eine positive oder eine negative Logik aufweisen können. Dies bedeutet, dass sich bei negativer Logik die steuerbaren Trennelemente **104**, **105** ohne eine aktive Ansteuerung in einem geöffneten Zustand befinden und lediglich bei aktiver Ansteuerung eine elektrische Verbindung herstellen. Bei positiver Logik befinden sich die steuerbaren Trennelemente **104**, **105** ohne eine aktive Ansteuerung in einem geschlossenen Zustand und trennen lediglich bei aktiver Ansteuerung die elektrische Verbindung.

[0063] Insbesondere in sicherheitskritischen Anwendungen können die steuerbaren Trennelemente **104**, **105** eine negative Logik aufweisen. Ein Ausfall des

Steuersignals beziehungsweise des ansteuernden Systems führt so zu einem automatischen Unterbrechen der elektrischen Verbindung.

[0064] Bei dem elektrischen Versorgungssystem **100** werden im Gegensatz zu dem System der Fig. 1 drei separate Versorgungsnetze **101**, **102**, **103** bereitgestellt. Dabei stellt das dritte Versorgungsnetz **103** die zentrale Verbindung zwischen den drei Versorgungsnetzen **101**, **102**, **103** dar.

[0065] Elektrische Verbraucher des ersten Sicherheitslevels, also Verbraucher **180**, **181**, **182**, werden durch das erste Versorgungsnetz **101** oder das zweite Versorgungsnetz **102** oder die zwei Versorgungsnetze **101**, **102** versorgt. Da für diese Verbraucher **180**, **181**, **182** also eine redundante elektrische Versorgung bereitgestellt wird, kann auch hier die Dekomposition von beispielsweise **ASIL-D** in zwei Versorgungsnetze **101**, **102** mit **ASIL-B(D)** erfolgen.

[0066] Das erste Versorgungsnetz **101** oder das zweite Versorgungsnetz **102** sind folglich derart ausgebildet, dass diese die Anforderungen des sich durch die Dekomposition ergebenden Sicherheitslevels erfüllen, in dem obigen Beispiel also **ASIL-B(D)**.

[0067] In dem elektrischen Versorgungssystem **100** werden die beispielhaften elektrischen Verbraucher **180**, **181**, **182** des ersten Sicherheitslevels durch das erste Versorgungsnetz **101** und das elektrische Versorgungsnetz **102** versorgt. Der Verbraucher **182**, der durch das erste Versorgungsnetz **101** und das zweite Versorgungsnetz **102** versorgt wird kann beispielsweise ein Verbraucher **182** sein, dessen Funktion nicht durch einen anderen Verbraucher ersetzt werden kann. Dies trifft beispielsweise auf eine elektrische Lenkung zu. Verbraucher **180** und Verbraucher **181** können sich dagegen ergänzen beziehungsweise komplementäre Funktionen ausführen. Solche komplementäre Funktionen können beispielsweise eine elektrische Bremse und ein Stabilitätssystem sein, da das Stabilitätssystem im Fehlerfall der elektrischen Bremse das Fahrzeug auch abbremsen kann.

[0068] Bei dem elektrischen Versorgungssystem **100** können das erste Versorgungsnetz **101** und das zweite Versorgungsnetz **102** jeweils separat durch die steuerbaren Trennelemente **104**, **105** von dem dritten Versorgungsnetz **103** getrennt werden.

[0069] Daraus folgt, dass bei jedem Einfachfehler immer entweder das erste Versorgungsnetz **101** oder das zweite Versorgungsnetz **102** die Verbraucher des ersten Sicherheitslevels versorgen kann, die an die zwei Versorgungsnetze **101**, **102** angeschlossen sind.

[0070] Bei einem Fehler in dem ersten Versorgungsnetz **101** kann dieses durch das erste steuerbare Trennelement **104** von dem dritten Versorgungsnetz **103** getrennt werden. Bei einem Fehler in dem zweiten Versorgungsnetz **102** kann dieses durch das zweite steuerbare Trennelement **105** von dem dritten Versorgungsnetz **103** getrennt werden. In beiden Fällen kann aber beispielsweise weiterhin elektrische Energie von dem dritten Versorgungsnetz **103** in das zweite Versorgungsnetz **102** beziehungsweise das erste Versorgungsnetz **101** übertragen werden und die volle Funktionalität der jeweiligen Verbraucher sichergestellt werden. Es ist also zumindest ein sogenannter „Limp Home“ Betriebsmodus möglich und das Fahrzeug wird nicht zu einem sog. „Liegenbleiber“.

[0071] Bei einem Fehler in dem dritten Versorgungsnetz **103** können sowohl das erste Versorgungsnetz **101** als auch das zweite Versorgungsnetz **102** von dem dritten Versorgungsnetz **103** getrennt werden. Die Verbraucher **180, 181, 182** können dann solange weiterbetrieben werden, bis die Energiespeicher in dem ersten Versorgungsnetz **101** und dem zweiten Versorgungsnetz **102** geleert sind.

[0072] Die Anzahl und die Anordnung der Verbraucher **180, 181, 182** des ersten Sicherheitslevels ist lediglich beispielhaft zur Veranschaulichung des Prinzips der vorliegenden Erfindung dargestellt. Es versteht sich, dass eine andere Anzahl und andere Arten von Verbrauchern ebenfalls mit der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können.

[0073] Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild eines elektrischen Versorgungssystems **200**. Das elektrische Versorgungssystem **200** basiert auf dem elektrischen Versorgungssystem **100** und weist folglich ein erstes Versorgungsnetz **201**, ein zweites Versorgungsnetz **202** und ein drittes Versorgungsnetz **203** auf. Das erste Versorgungsnetz **201** ist über ein steuerbares Trennelement **204** mit dem dritten Versorgungsnetz **203** gekoppelt und das zweite Versorgungsnetz **202** ist über ein steuerbares Trennelement **205** mit dem dritten Versorgungsnetz **203** gekoppelt. Das erste Versorgungsnetz **201** versorgt elektrische Verbraucher **280, 282** des ersten Sicherheitslevels und das zweite Versorgungsnetz **202** versorgt elektrische Verbraucher **281, 282** des ersten Sicherheitslevels mit elektrischer Energie. Das dritte Versorgungsnetz **203** versorgt Verbraucher **283** des zweiten Sicherheitslevels mit elektrischer Energie.

[0074] In dem elektrischen Versorgungssystem **200** sind ferner drei Energiequellen beziehungsweise Energiespeicher dargestellt. Das dritte Versorgungsnetz **203** wird durch einen Spannungswandler **210** mit elektrischer Energie versorgt, der die Hauptenergiequelle des dritten Versorgungsnetzes **203** darstellt. Der Spannungswandler **210** kann beispielsweise ei-

ne elektrische Spannung aus einer Hochspannungsbatterie in einem Fahrzeug in eine 12-V- oder 48-V-Spannung wandeln und die Verbraucher in dem dritten Versorgungsnetz **203** mit elektrischer Energie versorgen.

[0075] Über die Kopplung des dritten Versorgungsnetzes **203** mit dem ersten Versorgungsnetz **201** und dem zweiten Versorgungsnetz **202** können im fehlerfreien Betrieb ferner die elektrischen Verbraucher **280, 281, 282** des ersten Sicherheitslevels mit elektrischer Energie aus dem Spannungswandler **210** versorgt werden. Zusätzlich ist in dem ersten Versorgungsnetz **201** und in dem zweiten Versorgungsnetz **202** jeweils eine Versorgungsenergiequelle **211, 212** angeordnet, welche beispielsweise Batterien mit einer entsprechenden Lade-/Entladesteuerung und eine Überwachung der Batterie aufweisen können.

[0076] Zwischen dem dritten Versorgungsnetz **203** und dem zweiten Versorgungsnetz **202** ist ferner ein Spannungswandler **213** angeordnet. Dieser Spannungswandler **213** ist optional und wird lediglich dann benötigt, wenn die Ladespannung der Batterie in der Versorgungsenergiequelle **212** nicht der Betriebsspannung des dritten Versorgungsnetzes **203** entspricht. Es versteht sich, dass ein solcher Spannungswandler auch zwischen dem dritten Versorgungsnetz **203** und dem ersten Versorgungsnetz **201** vorgesehen werden kann.

[0077] Obwohl nicht separat dargestellt, versteht sich, dass in den einzelnen Versorgungsnetzen **201, 202, 203** jeweils Elemente zur Leistungsverteilung vorgesehen sein können. Solche Verteiler können lediglich passive Elemente aufweisen und elektrische Leistung an die einzelnen Verbraucher **280, 281, 282, 283** liefern. Insbesondere in dem ersten Versorgungsnetz **201** und in dem zweiten Versorgungsnetz **202** können die Verteiler aber beispielsweise auch Überwachungsfunktionen, beispielsweise Strommessungen und Spannungsmessungen und Überwachung entsprechender Grenzwerte aufweisen. Die Verteiler können bei Erkennen eines Fehlers durch eine Überwachungsfunktion beispielsweise auch einzelne der Verbraucher **280, 281, 282, 283** abschalten beziehungsweise von der Versorgung trennen.

[0078] Die Architektur des elektrischen Versorgungssystems **200** ermöglicht bei jedem Einfachfehler in dem elektrischen Versorgungssystem **200** die Versorgung der Verbraucher **280, 281, 282** des ersten Sicherheitslevels aus mindestens einer Energiequelle. Insbesondere ist bei einem Einfachfehler in dem ersten Versorgungsnetz **201** oder dem zweiten Versorgungsnetz **202** eine Versorgung der Verbraucher **280, 281, 282** des ersten Sicherheitslevels aus zwei Energiequellen möglich und damit auch ein Wei-

terbetrieb der jeweiligen Verbraucher **280, 281, 282**, eventuell in einem eingeschränkten Modus, möglich.

[0079] Bei einem Fehler in dem ersten Versorgungsnetz **201** kann beispielsweise das steuerbare Trennelement **204** die Verbindung zwischen dem ersten Versorgungsnetz **201** und dem dritten Versorgungsnetz **203** trennen. Die Verbraucher **281, 282** können dann weiterhin über den Spannungswandler **210** und über die Versorgungsenergiequelle **212** des zweiten Versorgungsnetzes **202** versorgt werden.

[0080] Bei einem Fehler in dem zweiten Versorgungsnetz **202** kann beispielsweise das steuerbare Trennelement **205** die Verbindung zwischen dem ersten Versorgungsnetz **202** und dem dritten Versorgungsnetz **203** trennen. Die Verbraucher **280, 282** können dann weiterhin über den Spannungswandler **210** und über die Versorgungsenergiequelle **211** des ersten Versorgungsnetzes **201** versorgt werden.

[0081] Fig. 4 zeigt ein Blockschaltbild eines Trennelements **304** gemäß der vorliegenden Erfindung. Es versteht sich, dass das Trennelement **304** zwischen dem ersten und dem dritten Versorgungsnetz oder zwischen dem zweiten und dem dritten Versorgungsnetz genutzt werden kann.

[0082] Das Trennelement **304** weist zwei N-Kanal MOSFETs **322, 323** mit entgegengesetzter Polarität auf, die in Serie angeordnet sind. Ein Anschluss **320** des Trennelements **304** ist folglich mit dem Source Anschluss des ersten MOSFET **322** gekoppelt. Der Drain Anschluss des ersten MOSFET **322** ist mit dem Drain Anschluss des zweiten MOSFET **323** gekoppelt, dessen Source Anschluss mit einem zweiten Anschluss **321** des Trennelements **304** gekoppelt ist. Durch diese Anordnung ist es möglich, dass elektrischer Strom in beide Richtungen über die MOSFETs **322, 323** und damit durch das Trennelement **304** fließt.

[0083] Die Gate Anschlüsse der MOSFETs **322, 323** sind beide mit einer Steuereinheit **324** gekoppelt. Die Steuereinheit **324** kann Steuersignale für die MOSFETs **322, 323** bereitstellen und diese beispielsweise dann durchsteuern, wenn die jeweiligen Versorgungsnetze miteinander gekoppelt werden sollen. Die Steuereinheit **324** kann beispielsweise die Spannungen (beispielsweise gegenüber einer Fahrzeugmasse) in den Versorgungsnetzen überwachen und bei einer Unterspannung die elektrische Verbindung trennen. Die Steuereinheit **324** kann beispielsweise auch eine Strommessung durchführen. Dazu kann sie beispielsweise die Spannung über einen der MOSFETs **322, 323** messen und basierend auf der gemessenen Spannung und dem Durchgangswiderstand des MOSFET **322, 323** den Strom berechnen. Fließt durch das Trennelement **304** ein Strom, der über einem vorgegebenen Schwellwert

liegt, kann die Steuereinheit **324** die elektrische Verbindung ebenfalls unterbrechen.

[0084] Es versteht sich, dass das Trennelement **304** lediglich ein Beispiel für einen möglichen Aufbau eines Trennelements darstellt und dass andere Varianten ebenfalls möglich sind.

[0085] Zum leichteren Verständnis werden in der folgenden Beschreibung die Bezugszeichen zu den Fig. 1-4 als Referenz beibehalten.

[0086] Fig. 5 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Betreiben eines elektrischen Versorgungssystems **100, 200** in einem Fahrzeug mit elektrischen Verbrauchern **180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283**.

[0087] In einem ersten Schritt **S1** des Versorgens werden elektrische Verbraucher **180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283** eines ersten Sicherheitslevels über ein erstes Versorgungsnetz **101, 201** mit elektrischer Energie versorgt. In einem zweiten Schritt **S2** des Versorgens werden elektrische Verbraucher **180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283** des ersten Sicherheitslevels über ein zweites Versorgungsnetz **102, 202** mit elektrischer Energie versorgt. In einem dritten Schritt **S3** des Versorgens werden elektrische Verbraucher **180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283** eines zweiten Sicherheitslevels über ein drittes Versorgungsnetz **103, 203** mit elektrischer Energie versorgt. Dabei kennzeichnet der zweite Sicherheitslevel eine niedrigere Kritikalität, als der erste Sicherheitslevel.

[0088] In einem vierten Schritt **S4** des gesteuerten Verbindens wird das erste Versorgungsnetz **101, 201** mit dem dritten Versorgungsnetz **103, 203** in Abhängigkeit eines Zustands des elektrischen Versorgungssystems **100, 200** über ein erstes steuerbares Trennelement **104, 204, 304** verbunden. In einem fünften Schritt **S5** des gesteuerten Verbindens wird das zweite Versorgungsnetz **102, 202** mit dem dritten Versorgungsnetz **103, 203** in Abhängigkeit des Zustands des elektrischen Versorgungssystems **100, 200** über ein zweites steuerbares Trennelement **105, 205**.

[0089] Das Verfahren kann ferner das Bereitstellen elektrischer Energie in dem dritten Versorgungsnetz **103, 203** mit einer Hauptenergiequelle **210**, und/oder das Speichern oder Bereitstellen elektrischer Energie in dem ersten Versorgungsnetz **101, 201** mit einer ersten Versorgungsenergiequelle **211**, und/oder das Speichern oder Bereitstellen elektrischer Energie in dem zweiten Versorgungsnetz **102, 202** mit einer zweiten Versorgungsenergiequelle **212** aufweisen.

[0090] In dem ersten Versorgungsnetz **101, 201** kann elektrische Energie in einer Fahrzeugbatterie

gespeichert oder aus einer Fahrzeugbatterie bereitgestellt werden. In einem fehlerfreien Betrieb des elektrischen Versorgungssystems **100, 200** können die elektrischen Verbraucher **180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283** des dritten Versorgungsnetzes **103, 203** ferner aus der Fahrzeugbatterie mit elektrischer Energie versorgt werden, um beispielsweise Spannungsschwankungen (bis zu einem vorgegebenen Grenzwert) auszugleichen. In dem zweiten Versorgungsnetz **102, 202** kann die elektrische Energie in einem Energiespeicher, insbesondere einer Batterie, gespeichert werden oder aus diesem bereitgestellt werden.

[0091] In dem zweiten steuerbaren Trennelement **105, 205** kann ferner eine Spannung in dem dritten Versorgungsnetz **103, 203** in eine Ladespannung für die zweite Versorgungsenergiequelle **212** gewandelt werden. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Ladespannung für den Energiespeicher in dem zweiten Versorgungsnetz nicht der Betriebsspannung des dritten Versorgungsnetzes **103, 203** entspricht. Analog kann dies auch für das erste Versorgungsnetz erfolgen.

[0092] Das Verbinden **S4, S5** kann durch eine Anzahl von halbleiterbasierten Schaltelementen **322, 323** in einem Lastpfad des ersten steuerbaren Trennelements **104, 204, 304** und/oder des zweiten steuerbaren Trennelements **105, 205** durchgeführt werden. Eine Steuereinheit **324** in dem ersten steuerbaren Trennelement **104, 204, 304** und/oder dem zweiten steuerbaren Trennelement **105, 205** kann dazu mit den halbleiterbasierten Schaltelementen **322, 323** gekoppelt sein und die halbleiterbasierten Schaltelemente **322, 323** beispielsweise basierend auf einem Zustand des elektrischen Versorgungssystems **100, 200** ansteuern.

[0093] Schließlich kann die Steuereinheit **324** in dem ersten steuerbaren Trennelement **104, 204, 304** den gleichen Sicherheitslevel aufweisen, wie die elektrischen Verbraucher **180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283** in dem ersten Versorgungsnetz **101, 201**. Ebenso kann die Steuereinheit **324** in dem zweiten steuerbaren Trennelement **105, 205** den gleichen Sicherheitslevel aufweisen, wie die elektrischen Verbraucher **180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283** in dem zweiten Versorgungsnetz **102, 202**.

[0094] Da es sich bei der vorhergehend detailliert beschriebenen Vorrichtungen und Verfahren um Ausführungsbeispiele handelt, können sie in üblicher Weise vom Fachmann in einem weiten Umfang modifiziert werden, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen. Insbesondere sind die mechanischen Anordnungen und die Größenverhältnisse der einzelnen Elemente zueinander lediglich beispielhaft.

Bezugszeichenliste

100, 200	elektrisches Versorgungssystem
101, 201	erstes Versorgungsnetz
102, 202	zweites Versorgungsnetz
103, 203	drittes Versorgungsnetz
104, 204, 304	erstes steuerbares Trennelement
105, 205	zweites steuerbares Trennelement
210	Spannungswandler
211,212	Versorgungsenergiequelle
213	Spannungswandler
320,321	Anschluss
322, 323	halbleiterbasiertes Schaltelement
324	Steuereinheit
180, 181, 182, 183	elektrischer Verbraucher
280, 281, 282, 283	elektrischer Verbraucher
S1, S2, S3, S4, S5	Verfahrensschritte
FS	Fahrzeugsystem
Q1, Q2, Q3	Energiequelle
SW	Schalter
QM	Komfortfunktionen
ASIL	sicherheitsrelevante Funktionen
DCDC	Spannungswandler
V1, V2	Verteiler

Patentansprüche

1. Elektrisches Versorgungssystem (100, 200) zur Versorgung elektrischer Verbraucher (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283) in einem Fahrzeug, aufweisend:
 - ein erstes Versorgungsnetz (101, 201), welches ausgebildet ist, elektrische Verbraucher (180, 182, 280, 282) mit einem ersten Sicherheitslevel mit elektrischer Energie zu versorgen,
 - ein zweites Versorgungsnetz (102, 202), welches ausgebildet ist, elektrische Verbraucher (181, 183, 281, 283) mit dem ersten Sicherheitslevel mit elektrischer Energie zu versorgen,

ein drittes Versorgungsnetz (103, 203), welches ausgebildet ist, elektrische Verbraucher (183, 283) mit einem zweiten Sicherheitslevel mit elektrischer Energie zu versorgen, wobei der zweite Sicherheitslevel eine niedrigere Kritikalität kennzeichnet, als der erste Sicherheitslevel,

ein erstes steuerbares Trennelement (104, 204, 304), welches ausgebildet ist, gesteuert das erste Versorgungsnetz (101, 201) elektrisch mit dem dritten Versorgungsnetz (103, 203) zu koppeln und/oder von diesem zu trennen,

ein zweites steuerbares Trennelement (105, 205), welches ausgebildet ist, gesteuert das zweite Versorgungsnetz (102, 202) elektrisch mit dem dritten Versorgungsnetz (103, 203) zu koppeln und/oder von diesem zu trennen, und

eine Hauptenergiequelle (210), welche in dem dritten Versorgungsnetz (103, 203) angeordnet ist, und mit einer ersten Versorgungsenergiequelle (211), welche in dem ersten Versorgungsnetz (101, 201) angeordnet ist, und mit einer zweiten Versorgungsenergiequelle (212), welche in dem zweiten Versorgungsnetz (102, 202) angeordnet ist,

wobei die erste Versorgungsenergiequelle (211) eine Fahrzeugbatterie aufweist und wobei die erste Versorgungsenergiequelle (211) ausgebildet ist, in einem fehlerfreien Betrieb des elektrischen Versorgungssystems (100, 200) die elektrischen Verbraucher (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283) des dritten Versorgungsnetzes (103, 203) mit elektrischer Energie zu versorgen.

2. Elektrisches Versorgungssystem (100, 200) nach Anspruch 1, wobei die zweite Versorgungsenergiequelle (212) einen Energiespeicher, insbesondere eine Batterie, aufweist.

3. Elektrisches Versorgungssystem (100, 200) nach Anspruch 2, wobei das zweite steuerbare Trennelement (105, 205) einen Spannungswandler (213) aufweist, welcher ausgebildet ist, eine Spannung in dem dritten Versorgungsnetz (103, 203) in eine Ladespannung für die zweite Versorgungsenergiequelle (212) zu wandeln.

4. Elektrisches Versorgungssystem (100, 200) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das erste steuerbare Trennelement (104, 204, 304) und/oder das zweite steuerbare Trennelement (105, 205) in einem Lastpfad eine Anzahl von halbleiterbasierten Schaltelementen (322, 323) aufweisen und wobei das erste steuerbare Trennelement (104, 204, 304) und/oder das zweite steuerbare Trennelement (105, 205) eine Steuereinheit (324) aufweist, welche mit den halbleiterbasierten Schaltelementen (322, 323) gekoppelt ist und ausgebildet ist, die halbleiterbasierten Schaltelemente (322, 323) anzusteuern.

5. Elektrisches Versorgungssystem (100, 200) nach Anspruch 4, wobei die Steuereinheit (324) in

dem ersten steuerbaren Trennelement (104, 204, 304) den gleichen Sicherheitslevel aufweist, wie die elektrischen Verbraucher (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283) in dem ersten Versorgungsnetz (101, 201) und/oder wobei die Steuereinheit (324) in dem zweiten steuerbaren Trennelement (105, 205) den gleichen Sicherheitslevel aufweist, wie die elektrischen Verbraucher (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283) in dem zweiten Versorgungsnetz (102, 202).

6. Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Versorgungssystems (100, 200) in einem Fahrzeug mit elektrischen Verbrauchern (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283), aufweisend:

Versorgen (S1) von elektrischen Verbrauchern (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283) eines ersten Sicherheitslevels mit elektrischer Energie über ein erstes Versorgungsnetz (101, 201),

Versorgen (S2) von elektrischen Verbrauchern (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283) des ersten Sicherheitslevels mit elektrischer Energie über ein zweites Versorgungsnetz (102, 202),

Versorgen (S3) von elektrischen Verbrauchern (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283) eines zweiten Sicherheitslevels mit elektrischer Energie über ein drittes Versorgungsnetz (103, 203), wobei der zweite Sicherheitslevel eine niedrigere Kritikalität kennzeichnet, als der erste Sicherheitslevel,

gesteuertes Verbinden (S4) des ersten Versorgungsnetzes (101, 201) mit dem dritten Versorgungsnetz (103, 203) über ein erstes steuerbares Trennelement (104, 204, 304) in Abhängigkeit eines Zustands des elektrischen Versorgungssystems (100, 200), und gesteuertes Verbinden (S5) des zweiten Versorgungsnetzes (102, 202) mit dem dritten Versorgungsnetz (103, 203) über ein zweites steuerbares Trennelement (105, 205) in Abhängigkeit des Zustands des elektrischen Versorgungssystems (100, 200),

Bereitstellen elektrischer Energie in dem dritten Versorgungsnetz (103, 203) mit einer Hauptenergiequelle (210), und

Speichern oder Bereitstellen elektrischer Energie in dem ersten Versorgungsnetz (101, 201) mit einer ersten Versorgungsenergiequelle (211), und

Speichern oder Bereitstellen elektrischer Energie in dem zweiten Versorgungsnetz (102, 202) mit einer zweiten Versorgungsenergiequelle (212),

wobei elektrische Energie in dem ersten Versorgungsnetz (101, 201) in einer Fahrzeugbatterie gespeichert oder aus einer Fahrzeugbatterie bereitgestellt wird, und wobei in einem fehlerfreien Betrieb des elektrischen Versorgungssystems (100, 200) die elektrischen Verbraucher (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283) des dritten Versorgungsnetzes (103, 203) aus der Fahrzeugbatterie mit elektrischer Energie versorgt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei in dem zweiten Versorgungsnetz (102, 202) elektrische Energie

in einem Energiespeicher, insbesondere einer Batterie, gespeichert wird oder aus diesem bereitgestellt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei in dem zweiten steuerbaren Trennelement (105, 205) eine Spannung in dem dritten Versorgungsnetz (103, 203) in eine Ladespannung für die zweite Versorgungsenergiequelle (212) gewandelt wird.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 6 bis 8, wobei das Verbinden durch eine Anzahl von halbleiterbasierten Schaltelementen (322, 323) in einem Lastpfad des ersten steuerbaren Trennelements (104, 204, 304) und/oder des zweiten steuerbaren Trennelements (105, 205) durchgeführt wird und wobei eine Steuereinheit (324) in dem ersten steuerbaren Trennelement (104, 204, 304) und/oder dem zweiten steuerbaren Trennelement (105, 205) mit den halbleiterbasierten Schaltelementen (322, 323) gekoppelt ist und die halbleiterbasierten Schaltelemente (322, 323) ansteuert.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Steuereinheit (324) in dem ersten steuerbaren Trennelement (104, 204, 304) den gleichen Sicherheitslevel aufweist, wie die elektrischen Verbraucher (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283) in dem ersten Versorgungsnetz (101, 201) und/oder wobei die Steuereinheit (324) in dem zweiten steuerbaren Trennelement (105, 205) den gleichen Sicherheitslevel aufweist, wie die elektrischen Verbraucher (180, 181, 182, 183, 280, 281, 282, 283) in dem zweiten Versorgungsnetz (102, 202).

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

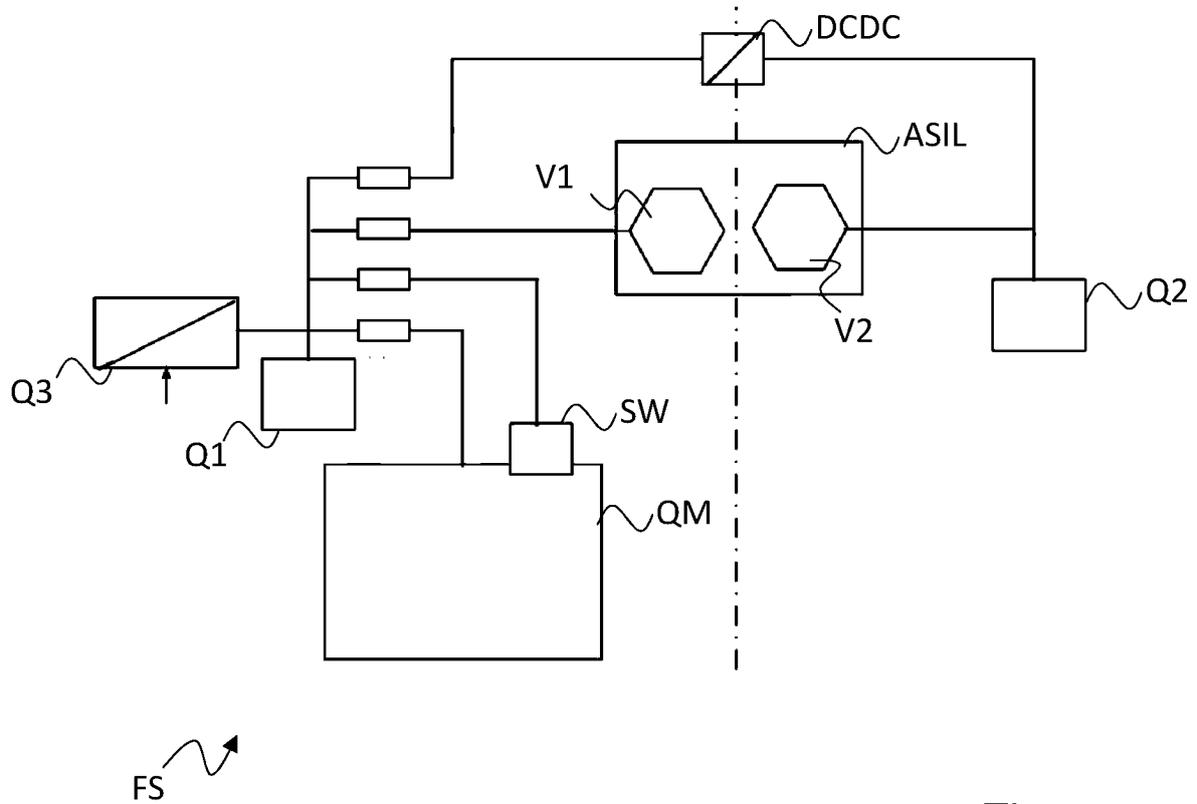


Fig. 1

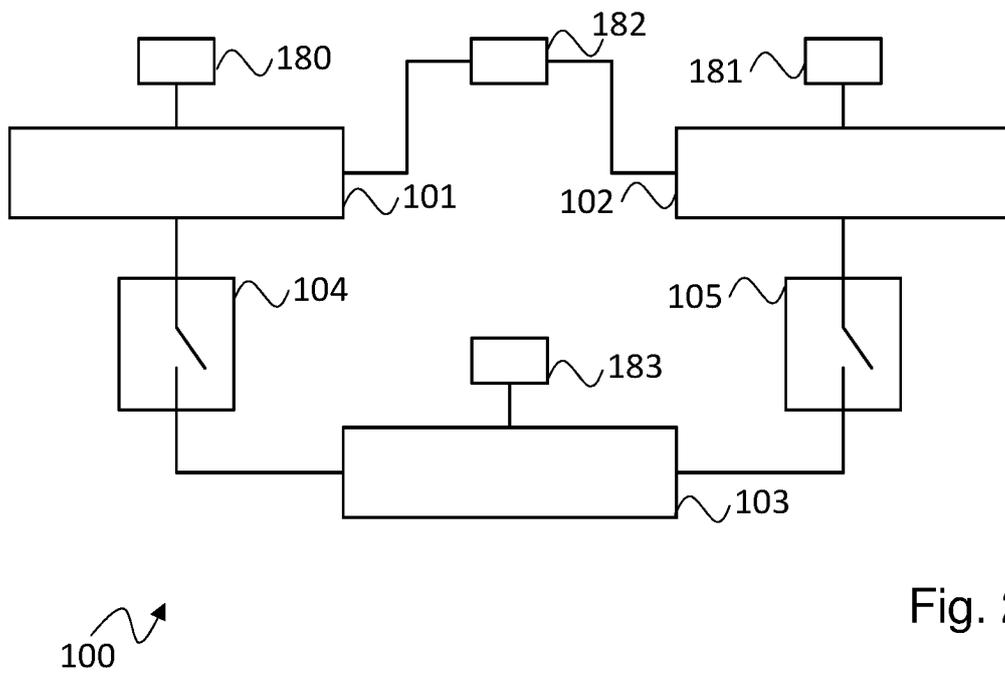


Fig. 2

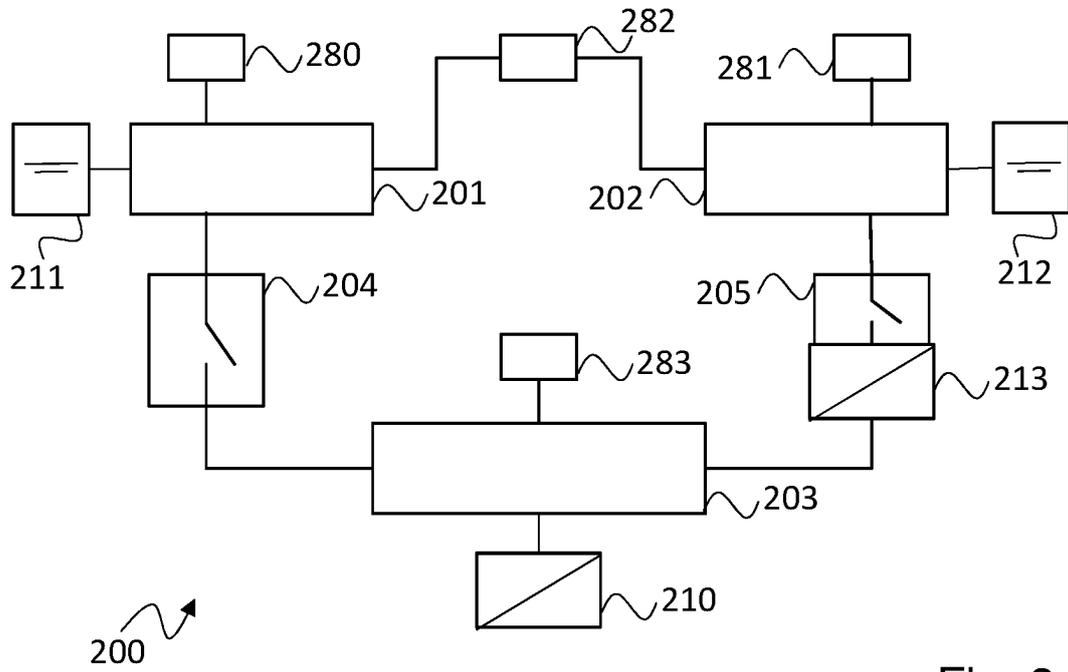


Fig. 3

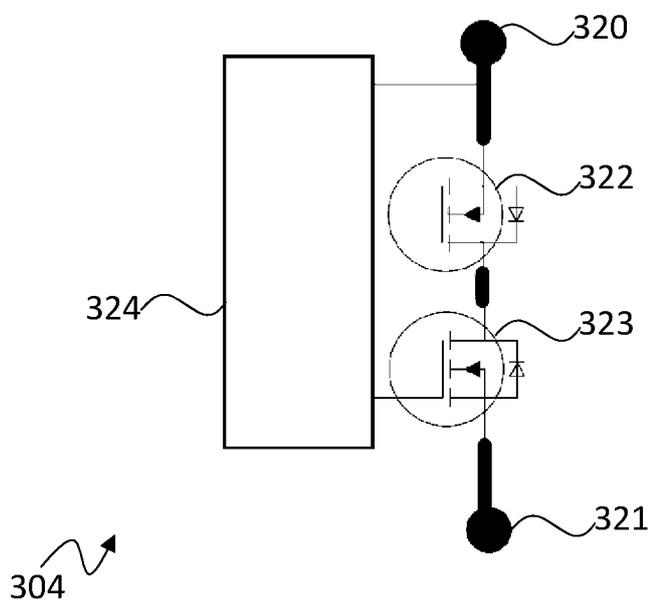


Fig. 4

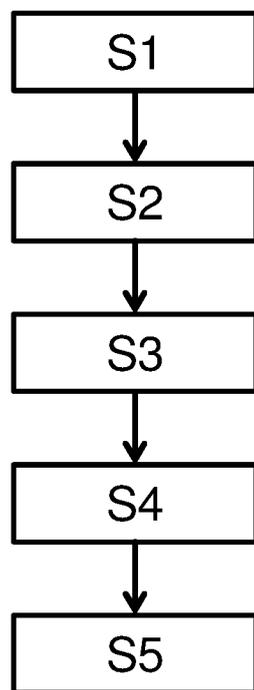


Fig. 5