



(10) **DE 10 2018 201 119 A1** 2019.07.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 201 119.2**

(22) Anmeldetag: **24.01.2018**

(43) Offenlegungstag: **25.07.2019**

(51) Int Cl.: **B60W 50/02 (2012.01)**
B60R 16/03 (2006.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

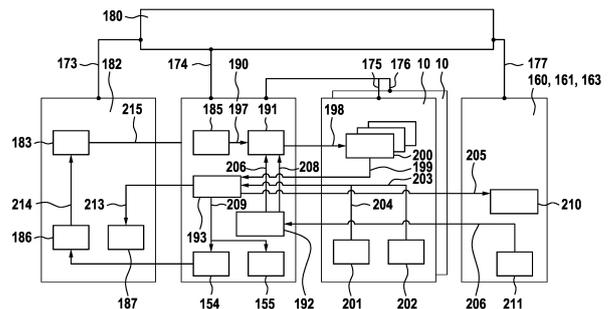
(72) Erfinder:

Lohrmann, Martin Andreas, 71665 Vaihingen, DE;
Motz, Juergen, 71711 Steinheim, DE; Meissner,
Marco, 70469 Stuttgart, DE; Koller, Oliver Dieter,
71384 Weinstadt, DE; Bohne, Christian, 70437
Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Überwachen der Energieversorgung eines Kraftfahrzeugs mit automatisierter Fahrfunktion**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen eines Kraftfahrzeugs mit automatisierter Fahrfunktion, mit unterschiedlichen Betriebsweisen (SSL) zur Überführung des Kraftfahrzeugs in einen sicheren Zustand, insbesondere in den Stillstand, wobei zumindest ein Energiespeicher (106, 110) zumindest einen nicht für die Betriebsweise (SSL) benötigten Verbraucher (162) und zumindest einen für die Betriebsweise (SSL) benötigten Verbraucher versorgt (147, 149), wobei der jeweiligen Betriebsweise (SSL) jeweils zumindest ein von dem für die Betriebsweise (SSL) benötigtem Verbraucher (147, 149) abhängiges Lastprofil (141) zugeordnet ist, das bei dieser Betriebsweise (SSL) üblicher Weise auftritt, wobei in Abhängigkeit von dem Lastprofil (141) zumindest eine Kenngröße (U) des Energiespeichers (106, 110) prädiziert wird und in Abhängigkeit von der prädizierten Kenngröße des Energiespeichers (106, 110) die zugehörige Betriebsweise (SSL) und/oder die automatisierte Fahrfunktion freigegeben wird, wobei die prädizierte Kenngröße (U) ermittelt wird in Abhängigkeit von einer Grundlast (206) und/oder einem Abschaltpotenzial (208) des nicht für die Betriebsweise (SSL) benötigten Verbrauchers (162).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen der Energieversorgung eines Kraftfahrzeugs mit automatisierter Fahrfunktion. Bei dem Verfahren werden insbesondere sicherheitsrelevante Funktionen des Bordnetzes überwacht.

Stand der Technik

[0002] Das Fahrzeugbordnetz hat die Aufgabe, die elektrischen Verbraucher mit Energie zu versorgen. Fällt die Energieversorgung aufgrund eines Fehlers bzw. Alterung im Bordnetz bzw. in einer Bordnetzkomponente in heutigen Fahrzeugen aus, so entfallen wichtige Funktionen, wie die Servolenkung. Da die Lenkfähigkeit des Fahrzeugs nicht beeinträchtigt, sondern nur schwergängig wird, ist der Ausfall des Bordnetzes in heutigen in Serie befindlichen Fahrzeugen allgemein akzeptiert, da der Fahrer als Rückfallebene zur Verfügung steht. Zur Erhöhung der Verfügbarkeit wurden zweikanalige Bordnetz-Strukturen wie beispielsweise in der WO 2015/135729 A1 vorgeschlagen. Diese werden auch benötigt, um Systeme für den hoch- oder vollautomatischen Fahrbetrieb fehlertolerant zu versorgen.

[0003] Um den Ausfall von Komponenten prognostizieren zu können, wurden zuverlässigkeitstechnische Ansätze zur Überwachung von Fahrzeugkomponenten erarbeitet. Dazu werden die Bordnetz-Komponenten während des Betriebs überwacht und deren Schädigung ermittelt. Ein solches Verfahren ist bspw. in der Druckschrift DE 10 2013 203 661 A1 beschrieben.

[0004] Für den sicheren Halt eines automatisch fahrenden Fahrzeugs wird elektrische Energie benötigt, welche über chemische Speicher bereit gestellt werden kann. Chemische Speicher haben jedoch die Eigenschaft, kontinuierlich zu altern und in der Leistungsfähigkeit nachzulassen. Für einen sicheren Betrieb müssten sie entweder stark überdimensioniert werden oder in kurzen Abständen erneuert werden.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Zuverlässigkeit und zugleich die Verfügbarkeit automatisierter Fahrfunktionen sowie der benötigten Energieversorgung zu erhöhen. Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Dadurch, dass eine prädizierte Kenngröße eines Energiespeichers ermittelt wird kann die Verfügbarkeit von automatisierten Fahrfunktionen weiter erhöht werden. Diese Kenngröße des Energiespeichers steht in starker Abhängigkeit von einer Grundlast und/oder einem Abschaltpotenzials eines nicht

für eine Betriebsweise zur Überführung des Fahrzeugs in einen sicheren Zustand benötigten Verbrauchers ab. Gerade energieintensive Funktionen bzw. Verbraucher im ordnungsgemäßen Betrieb beeinträchtigen die Freigabe für automatisierte Fahrfunktionen nicht. Denn es kann nun davon ausgegangen werden, dass diese Verbraucher sicher bei Bedarf abgeschaltet werden können, sodass die gesamte elektrische Energie bzw. Leistung für eine entsprechende Betriebsweise zur Überführung des Fahrzeugs in einen sicheren Zustand zur Verfügung steht. Gerade durch die Ermittlung der aktuellen bzw. minimal möglichen elektrischen Grundlast im Rahmen des Abschaltpotenzials können verschiedene unterschiedliche Betriebsweisen definiert werden. Vor der Freigabe und während der automatisierten Fahrfunktionen wird überprüft, ob der Energiespeicher für den Fehlerfall im jeweils anderen unabhängigen Bordnetzkanal (bzw. Versorgung durch einen weiteren Energieverbraucher) zumindest eines oder alle möglichen Betriebsweisen versorgen kann, ohne dass die prädizierte Kenngröße, beispielsweise die Versorgungsspannung im Bordnetz, unzulässige Tief einbricht. Dieses Ergebnis kann dann an die Steuerungssoftware der automatisierten Fahrfunktionen zurückgemeldet und im Fehlerfall gegebenenfalls nur eine reduzierte (bezüglich einer geringeren Belastung bzw. Lastprofils) Betriebsweise gefahren werden. Hierzu könnte beispielsweise auf Ausweichmanöver verzichtet werden bzw. könnte alternativ die Geschwindigkeit der automatisierten Fahrfunktionen zur Erreichung eines sicheren Betriebszustands reduziert werden. Selbst bei leicht gealtertem Energiespeicher kann nun die automatisierte Fahrfunktionen im Prinzip noch erlaubt werden, jedoch kann die Strombelastung durch die Aktoren und Steuergeräte auf das aus Sicht des Energiespeichers zulässige Maß begrenzt werden.

[0007] In einer zweckmäßigen Weiterbildung ist dem Lastprofil zumindest ein für das Lastprofil charakteristischer Parameter zugeordnet, wobei die prädizierte Kenngröße ermittelt wird in Abhängigkeit von dem Parameter. Damit vereinfacht sich die Datenverarbeitung, in dem lediglich einer oder nur wenige Parameter beispielsweise an einen Batteriesensor übertragen werden müssen, in dem die Funktion der Prädiktion der Kenngröße erfolgt. Die entsprechenden Übertragungsprotokolle vereinfachen sich. Auch die Prädiktoren selbst kann vereinfacht werden. Besonders zweckmäßig werden als Parameter zumindest eine Zeitspanne einer Dauer der Betriebsweise und/oder ein Maximalwert des Lastprofils und/oder ein Zeitpunkt eines Auftretens eines Maximalwerts des Lastprofils verwendet. Diese Größen beschreiben hinreichend den zu erwartenden Energiebedarf, den die Prädiktion berücksichtigt. Damit ist ein Kompromiss geschlossen, mit einer geringen Anzahl zu übertragender Parameter und der Genauigkeit des zu erwartenden Lastprofils.

[0008] In einer zweckmäßigen Weiterbildung wird zumindest eine weitere prädierte Kenngröße zumindest eines weiteren Energiespeichers ermittelt unter Berücksichtigung eines weiteren Lastprofils, das abhängt von einem weiteren für die Betriebsweise benötigten Verbraucher, der von dem weiteren Energiespeicher versorgt wird. Damit können alternative Bordnetzweige hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit zur Durchführung bestimmter Betriebsweisen bewertet werden. Die Freigabe der automatisierten Fahrfunktionen kann erfolgen, wenn zumindest eine Betriebsweise zur Überführung des Fahrzeugs in einen sicheren Zustand sicher durchgeführt werden kann. Dadurch erhöht sich wiederum die Verfügbarkeit der automatisierten Fahrfunktionen.

[0009] In einer zweckmäßigen Weiterbildung wird zumindest eine elektronische Lastverteilung zur Ansteuerung der Verbraucher und/oder zu deren Stromerfassung vorgesehen. Gerade bei einer elektronischen Lastverteilung wird sichergestellt, dass eine sichere Abschaltung insbesondere von nicht für die Betriebsweise benötigten Verbrauchern erfolgen kann, wodurch sich weiter die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems erhöht. Außerdem sind solche elektronischen Sicherungen standardmäßig in der Lage, beispielsweise den fließenden Laststrom zu erfassen und somit Rückschlüsse zu geben auf die Höhe der Grundlast und/oder das Abschaltpotenzial der jeweiligen Last. Dadurch erhöht sich die Genauigkeit der Prädiktion. Die Verfügbarkeit des Gesamtsystems kann weiter erhöht werden.

[0010] In einer zweckmäßigen Weiterbildung erfolgt eine Anregung des Bordnetzes zur Ermittlung des Batteriezustands insbesondere durch eine Aktivierung zumindest eines Verbrauchers und/oder zumindest einer Quelle und/oder einer Last geschaltet durch eine elektronische Sicherung. Dadurch verbessert sich die Qualität der Prädiktion bzw. wird diese überhaupt ermöglicht. Liegt beispielsweise die Erfassung bestimmter Kenngrößen des Energiespeichers, die wiederum in die Prädiktion einfließen können, lange zurück und sind daher nicht mehr repräsentativ, kann durch eine gezielte Anregung des Bordnetzes eine aktuelle Ermittlung bestimmter Kenngrößen erfolgen. Dadurch erhöht sich die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems.

[0011] Weitere zweckmäßige Weiterbildungen ergeben sich aus weiteren abhängigen Ansprüchen und aus der Beschreibung.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt einen Batteriesensor zur Prädiktion einer Kenngröße.

Fig. 2 zeigt ein mögliches Bordnetz für ein Fahrzeug zum automatisierten Fahren.

Fig. 3 zeigt eine Übersicht über verschiedene Steuergeräte hinsichtlich Vernetzung und Funktionsübersicht.

Fig. 4 zeigt den zeitlichen Stromverlauf von Komfort- und sicherheitsrelevanten Verbrauchern und daraus resultierende Ableitung korrespondierender Parameter.

Ausführungsformen der Erfindung

[0012] Die Erfindung ist anhand von Ausführungsformen in den Zeichnungen schematisch dargestellt und wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben.

[0013] Beispielhaft ist in dem Ausführungsbeispiel als möglicher Energiespeicher eine Batterie bzw. Akkumulator beschrieben. Alternativ können jedoch andere für diese Aufgabenstellung geeignete Energiespeicher beispielsweise auf induktiver oder kapazitiver Basis, Brennstoffzellen, Kondensatoren oder Ähnliches gleichermaßen Verwendung finden.

[0014] **Fig. 1** zeigt einen Batteriesensor bzw. Teil eines Batteriemanagement-Systems, der insgesamt mit der Bezugsziffer **10** bezeichnet ist. Eingangsgrößen in eine Einheit **12**, insbesondere eine Messeinheit, sind die Temperatur **14** und der Strom **16**, Ausgangsgröße ist eine Spannung **18**.

[0015] In einem Block **20** erfolgt die Abschätzung von Parametern und Zuständen. Hierin sind eine Rückkopplungseinheit **22**, ein Batteriemodell **24** und eine Adaption **26** der Parameter vorgesehen. Es werden eine Spannung **28**, Batterie-Zustandsvariablen **30** und Batterie-Modellparameter **32** ausgegeben.

[0016] Ein Knoten **29** dient dazu, das Batteriemodell **24** an die Batterie anzupassen. Der Strom **16** geht direkt und die Temperatur **14** geht indirekt in das Batteriemodell **24** ein. Dieses berechnet die Variable **28**, beispielsweise eine Spannung basierend auf dem Batteriemodell **24**, und gleicht diese mit der realen Spannung **18** ab. Bei Abweichungen wird das Batteriemodell **24** über eine Rückkopplungseinheit **22** korrigiert.

[0017] Weiterhin ist ein Block **40** für Sub-Algorithmen bereitgestellt. Dieser umfasst ein Batterietemperaturmodell **42**, eine Ruhespannungsermittlung **44**, eine Spitzenstrommessung **46**, eine adaptive Startstromvorhersage **48** und eine Batteriegrößenenerfassung **50**.

[0018] Daneben sind Lastprofile **60**, beispielsweise auch in Form von charakteristischen Parametern **198** wie nachfolgend beschrieben, bereitgestellt, die in einen Block **62** mit Prädiktoren eingehen. Diese sind ein Ladungsprädiktor **64**, ein Spannungsprädiktor **66** und ein Alterungsprädiktor **68**. Ausgaben des

Blocks **62** sind ein Signal Q_{pred} , das verwendet wird, um einen Ladezustand (SOC) **70** zu ermitteln, die prädizierte Spannung U_{pred} (**74,199**) in Abhängigkeit vom Laststrom **72** (I) und einen Alterungsprädiktionwert, der dazu benutzt wird den Batterie-Gesundheitszustand (SOH) **76** als mögliche prädizierte Kenngrößen des Energiespeichers zu ermitteln.

[0019] Über die Prädiktoren **64, 66, 68** ist der Batteriesensor **10** in der Lage, den SOC **70**, den Spannungseinbruch der prädizierte Spannung **74/199** und den SOH **76** während sowie nach mehreren vorher definierten Belastungsszenarien vorherzusagen bzw. zu prädizieren. Diese können jetzt auch auf automatisiertes Fahren bzw. auf den jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden. Insbesondere sind die Prädiktoren **64, 66, 68** in der Lage, unter Rückgriff eines typischen Belastungsvorgangs (anhand bestimmter Lastprofile **60, 141** bzw. hierfür charakteristische Parameter **198**) einer zugehörigen Betriebsweise (**215, SSL 1, SSL 2, SSL 3**), ein Fahrzeug zum Stillstand zu bringen, zumindest eine bestimmte Kenngröße der Batterie **106, 110** zu prädizieren (mit Hilfe einer Simulation vorherzusagen). Es können unterschiedliche Betriebsweisen (SSL **1, SSL 2, SSL 3**) vorgesehen sein, um das Fahrzeug zum Stillstand zu bringen und damit einen sicheren Betriebszustand des Kraftfahrzeugs (Safe Stop Level) zu erreichen. Jeder dieser unterschiedlichen Betriebsweisen (SSL **1, SSL 2, SSL 3**) ist jeweils ein Lastprofil **141 / 198** zugeordnet. Für die jeweiligen Belastung **198** wird der sich daraus ergebende Batteriezustand simuliert und dessen Auswirkungen auf die prädizierte Kenngröße der Batterie **106, 110** (wie beispielsweise Spannung, Strom, SOC, SOH, SOF (State of Function (SOF) beschreibt die Leistungsfähigkeit der Batterie und gibt Auskunft darüber, mit welcher Leistung der Energiespeicher den Verbraucher versorgen kann)) prädiziert. Führt das Lastprofil **60, 141** in der Simulation zur Unterschreitung bestimmter Grenzwerte durch die Kenngröße (beispielsweise die prädizierte Spannung **74/199**), wird die jeweilige mit dem simulierten Lastprofil **141** verknüpfte Betriebsweise SSL gesperrt. Die Lastprofile **60,141** können wie nachfolgend näher erläutert dem Batteriesensor **10** über wenige Parameter **198** übermittelt werden.

[0020] Fig. 2 zeigt eine mögliche Topologie eines Energieversorgungssystems, bestehend aus einem Basisbordnetz **102**, welches eine Batterie **106** mit zugehörigem Batteriesensor **10**, einen Starter **164**, mehrere nicht sicherheitsrelevante KomfortVerbraucher **162**, die durch eine elektrische Lastverteilung **163** abgesichert bzw. angesteuert werden, umfasst. Das Basisbordnetz **102** weist ein gegenüber einem Hochvolt-Bordnetz **166** niedrigeres Spannungsniveau auf, beispielsweise kann es sich um ein 14 V-Bordnetz handeln. Zwischen dem Basisbordnetz **102** und dem Hochvolt-Bordnetz **166** ist ein Gleichspannungswandler **165** angeordnet. Das Hochvolt-Bord-

netz **166** umfasst beispielhaft eine Hochvolt-Batterie **167**, eventuell mit integriertem Batteriemanagementsystem, exemplarisch gezeigt eine nicht sicherheitsrelevante Last **168** bzw. Komfortverbraucher wie beispielsweise eine mit erhöhtem Spannungsniveau versorgte Klimaanlage etc. sowie eine Elektromaschine **170**. Als Hochvolt wird in diesem Zusammenhang ein Spannungsniveau verstanden, welches höher ist als das Spannungsniveau des Basisbordnetzes **102**. So könnte es sich beispielsweise um ein 48-Volt-Bordnetz handeln. Alternativ könnte es sich gerade bei Fahrzeugen mit Elektroantrieb um noch höhere Spannungsniveaus handeln. Alternativ könnte das Hochvolt-Bordnetz **166** ganz entfallen.

[0021] Mit dem Basisbordnetz **102** sind zwei sicherheitsrelevante Kanäle **101, 103** verbunden. Der erste sicherheitsrelevante Kanal **101** ist über eine elektronische Lastverteilung **160** mit dem Basisbordnetz **102** verbunden. Die elektronische Lastverteilung **160** dient der Absicherung, Ansteuerung sowie der sicheren und zuverlässigen Abschaltung sicherheitsrelevanter Verbraucher **147a, 149a, 150a, 152**, bzw. der elektronischen Energienetzverteilung. Außerdem kann die elektronische Lastverteilung **160** in der Lage sein, die fließenden Verbraucherströme zu erfassen.

[0022] Der weitere sicherheitsrelevante Kanal **103** ist sowohl über einen Gleichspannungswandler **108** und über eine weitere elektronische Lastverteilung **161** mit dem Basisbordnetz **102** verbunden. Zwischen Gleichspannungswandler **108** und elektronischer Lastverteilung **161** ist eine weitere Batterie **110** gegen Masse geschaltet angeordnet. Der weiteren Batterie **110** ist auch ein weiterer Batteriesensor **10** zur Erfassung der typischen Kenngrößen der weiteren Batterie **110** angeordnet. Beispielhaft kann es sich bei dem Spannungsniveau der weiteren Batterie **110** um das Spannungsniveau des Basisbordnetzes **102** handeln. Beispielsweise liegt es bei 14 V. Alternative Spannungsniveaus sind denkbar. Die elektronische Lastverteilung **161** im weiteren Kanal **103** dient der Absicherung, Ansteuerung sowie der sicheren und zuverlässigen Abschaltung insbesondere sicherheitsrelevanter Verbraucher **147b, 149b, 150b, 155, 159**. Außerdem kann die elektronische Lastverteilung **161** mögliche Verbraucherströme erfassen. Der Gleichspannungswandler **108** lässt einen Energieaustausch zwischen der weiteren Batterie **110** und dem Basisbordnetz **102** sowie gegebenenfalls über den weiteren Gleichspannungswandler **165** mit dem Hochvolt-Bordnetz **166** zu. Damit kann gewährleistet werden, dass die Batterien **106, 110** über die sicherheitsrelevanten Kanäle **101,103** die sicherheitsrelevanten Verbraucher **147, 149, 150, 157** zuverlässig mit Energie versorgen können.

[0023] Die über die beiden sicherheitsrelevanten Kanäle **101, 103** versorgbaren redundanten, insbesondere funktionsredundanten, sicherheitsrelevanten

ten Verbraucher **147**, **149**, **150**, **157** sind solche, die notwendig sind, ein Fahrzeug von einem automatisierten Fahrbetrieb (kein Eingreifen des Fahrers notwendig) beispielsweise in kritischen Fehlerfällen in einen sicheren Zustand zu überführen. Wie nachfolgend näher beschrieben kann es sich um ein Anhalten des Fahrzeugs, sei es sofort, sei es am Fahrbahnrand oder erst am nächsten Rastplatz etc. handeln.

[0024] Beim Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 2** sind folgende sicherheitsrelevanten Verbraucher vorgesehen. Hierbei handelt es sich zumindest um ein Bremssystem **147**. Die Bremsfunktionalität kann entweder durch eine erste Komponente **147a** (beispielsweise ein sogenannter iBooster, der den Bremsdruck elektromechanisch erzeugt), die über den einen sicherheitsrelevanten Kanal **101** versorgt wird, erreicht werden. Die redundante Bremsfunktionalität wird alternativ über eine weitere Komponente **147b** erreicht. Beispielhaft kann als weitere Komponente **147b** ein sogenanntes elektronisches Stabilitätsprogramm verwendet werden, welches ebenfalls das Fahrzeug zum Stillstand bringen kann. Die weitere Komponente **147b** wird über den weiteren sicherheitsrelevanten Kanal **103** versorgt und durch die elektronische Lastverteilung **161** angesteuert.

[0025] Als weitere sicherheitsrelevante Komponente ist beispielsweise ein Lenksystem **149** vorgesehen. Das Lenksystem **149** besteht aus einer ersten Komponente **149a**, die über die elektronische Lastverteilung **160** durch den ersten sicherheitsrelevanten Kanal **101** angesteuert und versorgt werden kann. Weiterhin umfasst das Lenksystem **149** eine weitere Komponente **149b**, die ebenfalls unabhängig von der ersten Komponente **149a** das Fahrzeug in gewünschter Weise lenken kann. Die weitere Komponente **149b** wird über die weitere elektronische Lastverteilung **161** für den weiteren sicherheitsrelevanten Kanal **103** angesteuert bzw. mit Energie versorgt.

[0026] Als weitere mögliche sicherheitsrelevante Komponente ist eine Mensch-Maschine-Schnittstelle **150** (User Interface) vorgesehen. Diese Mensch-Maschine-Schnittstelle **150** besteht wiederum aus zwei unabhängig voneinander betreibbaren Komponenten **150a**, **150b**. Die eine Komponente **150a** wird über den ersten sicherheitsrelevanten Kanal **101** über die elektronische Lastverteilung **160** angesteuert bzw. mit Energie versorgt. Die weitere Komponente **150b** wird von dem weiteren sicherheitsrelevanten Kanal **103** bzw. die zugehörige elektronische Lastverteilung **161** angesteuert bzw. mit Energie versorgt.

[0027] Als weitere sicherheitsrelevante Komponente ist eine automatisierte Fahrfunktion **157** vorgesehen. Alternativ könnten in dem Block **157** jeweils eine Gruppe von Sensoren und ein verarbeitendes Steuergerät, das die Aktoren steuert, vorgesehen sein. Die automatisierte Fahrfunktionen **157** ist wiederum

redundant aufgebaut. So werden eine erste Recheneinheit **152** (die erste Recheneinheit **152** könnte der in **Fig. 3** gezeigten Zentraleinheit **182** entsprechen) sowie eine erste Sensoreinheit **158** von dem ersten Kanal **101** bzw. die zugehörige elektronische Lastverteilung **160** angesteuert bzw. mit Energie versorgt. In redundanter Art und Weise kann die automatisierte Fahrfunktionen **157** durch eine weitere Recheneinheit **154** sowie eine oder mehrere Sensoreinheiten **159** realisiert werden, welche durch den weiteren sicherheitsrelevanten Kanal **103** bzw. zugehörige weitere elektronische Lastverteilung **161** angesteuert bzw. versorgt werden. In den Recheneinheiten **152**, **154** erfolgt beispielsweise die Trajektorienplanung mit zugehörigen Ansteuerwerten für die benötigten Aktuatoren. Die Sensoreinheiten **158**, **159** stellen jeweils die aktuellen Umfeldinformationen des Fahrzeugs für die Trajektorienplanung zur Verfügung.

[0028] In **Fig. 3** sind die Vernetzung der Steuergereäte und eine Funktionsübersicht gezeigt. Eine Zentraleinheit **182** (die Zentraleinheit **182** könnte der Recheneinheit **158** gemäß **Fig. 2** entsprechen) für automatisiertes Fahren tauscht über eine Datenverbindung **173** Daten aus mit einem Gateway **180**. Bei der Datenverbindung **173** kann es sich beispielsweise um eine Ethernet-Verbindung handeln.

[0029] Eine Steuereinheit **190** tauscht über eine weitere Datenverbindung **174** Daten aus mit dem Gateway **180**. Bei der weiteren Datenverbindung **174** kann es sich beispielsweise um einen CAN-Bus handeln. In der Steuereinheit **190** sind Steuerungen der Energiebordnetz-Funktionen bzw. des Energiemanagements vorgesehen. Das Energiemanagement überwacht und steuert die Energieverteilung im Bordnetz. Abhängig von Lastzuständen können beispielsweise bei einem drohenden Energieengpass bestimmte mit niedriger Priorität kategorisierte Lasten bzw. Verbraucher abgeschaltet bzw. trotz entsprechender Anforderung nicht aktiviert werden. So sind in dem Energiemanagement beispielsweise die typischen Leistungsanforderungen der jeweiligen Verbraucher bei einer geplanten Aktivierung hinterlegt oder werden ermittelt. Alternativ könnten die Funktionen des Energiemanagements anstelle in der Steuereinheit **190** auch in dem Gleichspannungswandler **108**, **165** gemäß **Fig. 2** oder aber in einem sonstigen Steuergerät (beispielsweise in den Verbrauchern **162**) im Fahrzeug realisiert werden. Alternativ wäre es auch möglich, diese Funktionen bezüglich des Energiemanagements des Bordnetzes **102**, **166** in der Zentraleinheit **182** oder im Gateway **180** zu implementieren.

[0030] Weiterhin sind wie bereits im Zusammenhang mit **Fig. 1** beschrieben beispielhaft zwei Batteriesensoren **10** vorgesehen. Der eine Batteriesensor **10** tauscht über eine Datenverbindung **175** Daten aus mit der Steuereinheit **190**. Der weitere Batteriesensor **10** tauscht über eine weitere Datenverbindung **176**

ebenfalls mit der Steuereinheit **190** Daten aus. Bei den Datenverbindungen **175**, **176** kann es sich beispielsweise um einen sogenannten LIN-Bus handeln. Die jeweiligen Batteriesensoren **10** sind an den zugehörigen Batterien **106**, **110** angeordnet, beispielsweise an deren Polen. Wie bereits bzw. nachfolgend näher beschrieben sind in den Batteriesensoren **10** weitere Funktionen hinterlegt. Beispielfhaft gezeigt sind eine Funktion **201** zur Ermittlung eines Innenwiderstands und/oder eine Funktion **202** zur Erkennung einer ordnungsgemäßen Verbindung des Energiespeichers bzw. der Batterie **106**, **110** mit dem Bordnetz **102**, **166**. Außerdem ist in jedem Batteriesensor **10** ein Prädiktor **62**, **200** vorgesehen, der wie beschrieben bestimmte Kenngrößen, insbesondere die Spannung, abhängig von bestimmten Lastprofilen **141**, gegebenenfalls dargestellt über gewisse Parameter **198**, prädiziert. Hierzu erhält der Batteriesensor entsprechende Parameter **60**, **198** von der Steuereinheit **190**. Bestimmte Daten wie beispielsweise prädizierte Kenngrößen **74**, **199** teilt der Batteriesensor **10** wiederum der Steuereinheit **190** mit.

[0031] Weiterhin ist zumindest eine elektronische Lastverteilung **160**, vorzugsweise sind weitere Lastverteilungen **161**, **163** vorgesehen. Die elektronische Lastverteilung **160**, **161**, **163** kommuniziert über eine weitere Datenverbindung **177** mit dem Gateway **180** bzw. der daran angeschlossenen Steuereinheit **190** bzw. Zentraleinheit **182**, **152**. Als weitere Datenverbindung **177** könnte beispielsweise ein CAN-Bus vorgesehen sein. Die elektronische Lastverteilung **160**, **161**, **163** wird beispielsweise vor nicht sicherheitsrelevanten Komfortverbrauchern **162** zu deren Aktivierung/Deaktivierung platziert. Prinzipiell können diese elektronischen Lastverteilungen **160**, **161**, **163** sicherheitsrelevante Lasten, insbesondere solche, die zur Überführung des Fahrzeugs in einen sicheren Zustand notwendig sind, ansteuern wie bereits in Verbindung mit **Fig. 2** beschrieben. In der elektronischen Lastverteilung **160** ist systematisch angedeutet eine Funktion **210** zur Abschaltung von Komfortverbrauchern **162** vorgesehen. Außerdem kann in der elektronischen Lastverteilung **160**, **100**, **61**, **163** auch auf eine Funktion **211** zur Messung einer Grundlast **206** in der elektronischen Lastverteilung **160** implementiert sein.

[0032] Prinzipiell sind die Steuergeräte wie Zentraleinheit **182**, **152**, Steuereinheit **190**, Batteriesensoren **10** sowie elektronische Lastverteilungen **160**, **161**, **163** zum Zwecke des Datenaustauschs miteinander verbunden, wie bereits beschrieben über Ethernet, CAN-Bus oder LIN-Bus. Üblicherweise ist wie in der **Fig. 3** dargestellt ein Gateway **180** oder ein Steuergerät mit Gateway-Funktion dazwischen geschaltet. Weiterhin sind im Fahrzeug noch weitere Steuergeräte vorhanden, die nicht dargestellt sind. Auf den in **Fig. 3** gezeigten Steuergeräten sind verschiedene Funktionen partitioniert, dargestellt durch die ver-

schiedenen Blöcke und verbunden durch die gezeigten Signalpfade.

[0033] Die Zentraleinheit **182**, **152** umfasst in einem Block eine Bewegungssteuerung **186** für das Fahrzeug. In der Bewegungssteuerung **186** werden die geplanten Trajektorien umgewandelt in entsprechende Steuerungsbefehle für die im Fahrzeug befindlichen Aktoren. Beispielsweise werden entsprechende Lenkbefehle in Form von Lenkwinkelvorgaben für das Lenksystem **149** bzw. entsprechende Bremsmanöver dem Bremssystem **147** vorgegeben. In dem Block sind ebenfalls entsprechende Bewegungssteuerungen **186** für die unterschiedlichen Betriebsweisen SSL zum Erreichen eines sicheren Zustandes hinterlegt. Die Bewegungssteuerung **186** setzt entsprechende Trajektorien der unterschiedlichen Betriebsweisen SSL zur Erreichung eines sicheren Zustands in Steuerungsbefehle **214** für die Aktuatoren um und stellt sie einer Funktionseinheit **183** zum Erreichen eines sicheren Betriebszustands zur Verfügung.

[0034] In der Zentraleinheit **182**, **152** ist beispielsweise die Funktionseinheit **183** zum Erreichen eines sicheren Stopps bzw. sicheren Zustands vorgesehen. In der Funktionseinheit **183** zum Erreichen eines sicheren Stopps ist hinterlegt bzw. bedatet, wie das Fahrzeug im Fehlerfall automatisiert in den sicheren Zustand gebracht werden soll. Beispielsweise ist hinterlegt, dass sofort das Fahrzeug verzögert werden soll in einer ersten Betriebsweise SSL **1**. Alternativ könnte hinterlegt sein, dass die Sensoren (beispielsweise in einer der Sensoreinheiten **158**, **159**) den weiteren Spurverlauf erfassen und das Fahrzeug über die Lenkung **149** diesem Spurverlauf folgen soll und das Fahrzeug in der Spur angehalten werden soll. Weiterhin könnte hinterlegt sein, dass das Fahrzeug bis zum nächsten Rastplatz oder auf dem Standstreifen zum Stehen gebracht werden soll. Es kann weiterhin sein, dass bei der gleichen automatischen Fahrfunktionen abhängig vom Fehlerfall verschiedene Betriebsweisen SSL zur Erreichung eines sicheren Zustands gefahren werden können. Im Ausführungsbeispiel gibt es pro (Bordnetz) Kanal **101**, **103** drei verschiedene Betriebsweisen SSL **1**, SSL **2**, SSL **3**, die sich insbesondere im Bedarf von elektrischer Energie, Leistung und Dauer unterscheiden. Den jeweiligen unterschiedlichen Betriebsweisen SSL sind übliche Lastprofile **141** zugeordnet, die beispielsweise den Verlauf des Stroms oder der Leistung eines oder mehrerer Verbraucher bzw. Aktuatoren, die bei der Überführung in den sicheren Zustand in der speziellen Betriebsweise SSL beteiligt sind, widerspiegeln. Hierzu sind unterschiedliche Betriebsweisen SSL in der Funktionseinheit **183** hinterlegt mit unterschiedlichen Leistungsanforderungen, insbesondere mit wenig Leistung (leicht), mit mittlerer Leistungsanforderung (typische Leistungsanforderungen) und hoher Leistungsanforderung (sogenanntes Worst-Case-Manöver).

[0035] In einer ersten Betriebsweise SSL **1** zur Erreichung eines sicheren Zustands erfolgt beispielsweise ein langsamer Aufbau des Bremsdrucks für geringe Verzögerung und ein Halten in der Spur. Dieses Szenario braucht aufgrund der kurzen Dauer t_{max} wenig Energie bzw. wenig elektrische Leistung, da keine dynamischen Fahr-Manöver gefahren werden.

[0036] In einer zweiten Betriebsweise SSL **2** kann beispielsweise ein Druckaufbau, eine ABS-Regelung sowie ein Halten in der Spur erfolgen. Die Dauer t_{max} des Manövers ist ebenfalls recht kurz, aber es wird mehr Energie für die Bremsdruck-Modulation benötigt. Weiterhin treten durch die Druck-Modulation beispielsweise bei einem elektronischen Stabilitätsprogramm **147a** Stromspitzen auf, bei denen der Energiespeicher bzw. die Batterie **106, 110** kurzfristig eine hohe Leistung bereitstellen muss.

[0037] In einer dritten Betriebsweise SSL **3** wird beispielsweise die Fahrerübergabe im Fehlerfall für eine bestimmte Zeitspanne von beispielsweise 10-15 Sekunden getriggert. Danach erfolgen dynamische Spurwechsel inklusive Eingriffe zur Stabilisierung und zum Verzögern des Fahrzeugs bis zum Stand. Diese Betriebsweise besitzt die höchste Anforderung bezüglich Energie- und Leistungsaufnahme. Durch die dynamischen Fahrmanöver kann es passieren, dass das elektrische Lenksystem **149** und das elektrische Bremssystem **147** gleichzeitig eine hohe elektrische Leistung benötigen. Diese hohe Strombelastung kann zu kritischen Spannungseinbrüchen führen, wodurch sicherheitsrelevante Verbraucher nicht mehr ordnungsgemäß versorgt werden könnten. Generell sind jedoch viele weitere und auch deutlich andere Betriebsweisen zur Überführung des Fahrzeugs in den sicheren Zustand denkbar. Prinzipiell sollen jedoch die unterschiedlichen Betriebsweisen SSL hinsichtlich Energie- und Leistungsbedarf verallgemeinert und geclustert werden.

[0038] Die für die Betriebsweisen SSL relevanten Daten **215** der sogenannten Safe-Stopp-Manöver der Funktionseinheit **183** werden an einen Block **185** „Parameter SSL“ übertragen. Dieser Block **185** ist bevorzugt in der Steuereinheit **190** angesiedelt. Ein Vorteil dieser Variante ist, dass die Energiemanagement-Funktionen wie in der Steuereinheit **190** angesiedelt den Leistungsbedarf der zu versorgenden Verbraucher deutlich besser kennen als beispielsweise die Zentraleinheit **182** bzw. **152**. Die Betriebsweisen SSL zur Überführung des Fahrzeugs in einen sicheren Zustand können sich aufgrund eines Funktionsupdates oder aufgrund geänderter Umgebungsbedingungen ändern. Je Kanal bzw. Bordnetz Zweig **101, 103** sind verschiedene Betriebsweisen SSL wie beschrieben in der Funktionseinheit **183** hinterlegt.

[0039] Generell werden nur bestimmte Parameter **197** der Lastprofile **141** der verschiedenen Betriebs-

weisen SSL je Kanal an das die Steuereinheit **190**, insbesondere für das Energiemanagement, übertragen.

[0040] In dem Block **185** „Parameter SSL“ werden diese bestimmte Parameter **197** ermittelt und/oder hinterlegt, die die Lastprofile **141** bei typischen Betriebsweisen SSL in einfacher Form abbilden. Als Parameter **197** werden besonders bevorzugt der maximale zeitliche Verlauf des Leistungsbedarfs (Dauer der jeweiligen Betriebsweise SSL) t_{max} und/oder eine maximale Leistung bzw. sonstige Kenngröße (beispielsweise der Strom I) des jeweiligen an der entsprechenden Betriebsweise SSL beteiligten Verbrauchers bzw. Aktuators $P_{act1}, P_{act2}, \dots$ und/oder der Zeitpunkt des Auftretens $t_{act1}, t_{act2}, \dots$ dieser maximalen Leistung bzw. sonstigen Kenngröße verwendet. Die so ermittelten Parameter **197** werden dem Speicher **191** der Steuereinheit **190** zur Verfügung gestellt.

[0041] Bei den Parametern **197** handelt es sich also beispielsweise um eine maximale Kenngröße, beispielsweise eine Maximalleistung Leistung P_{act1} oder ein Spitzenstrom I_{act1} , des Aktuators **1** zum Zeitpunkt t_{act1} . Allgemein für einen Aktuator act_n formuliert handelt es sich bei einem der Parameter **197** um eine maximale Kenngröße P_{actn}, I_{actn} des Aktuators act_n zum Zeitpunkt t_{actn} des Auftretens dieser maximalen Kenngröße P_{actn}, I_{actn} (Maximum des zeitlichen Verlaufs der Kenngröße bzw. des Lastprofils **141** innerhalb der Zeitspanne t_{max}) für den jeweiligen Kanal Ch_1, Ch_2, Ch_n bzw. Bordnetzweig **101, 103**. Außerdem wird in dem Block **185** hinterlegt oder rechnerisch ermittelt, wie lange die jeweilige Betriebsweise SSL je Kanal maximal dauert (t_{max}). Weiterhin kann in dem Block **185** hinterlegt sein oder rechnerisch ermittelt werden, wie der aktuelle Status der automatisierten Fahrfunktionen ist (beispielsweise aktiv/inaktiv/warten auf Freigabe etc.) und/oder ob eine Anfrage bezüglich der Freigabe der automatisierten Fahrfunktionen vorliegt. Auch diese Daten sind als Parameter **197** zu verstehen. Diese Parameter **197** werden komplett oder nur teilweise an die Steuereinheit **190**, vorzugsweise das Energiemanagement, übertragen. Der Parameter **197** könnte zudem den Status der automatisierten Fahrfunktionen umfassen. Ebenfalls könnte im Rahmen der Parameter **197** eine Anfrage zur Freigabe der automatisierten Fahrfunktionen übertragen werden, welche die nachfolgenden Überprüfungsprozeduren starten könnte. Einige der Parameter **197** lassen sich auch der nachfolgend kurz erläuterten **Fig. 4** entnehmen.

[0042] **Fig. 4** zeigt beispielhaft den zeitlichen Stromverlauf **206** von Komfortverbrauchern **162** und sicherheitsrelevanten Verbrauchern **147, 149, 157** sowie einen Stromverlauf als Beispiel für ein typisches Lastprofil **141** eines Aktuators act_1 für eine bestimmte Betriebsweise SSL. Eingezeichnet ist die aktuelle

Grundlast **206** wie sie vom Energiemanagement ermittelt und gegebenenfalls an den Batteriesensor **10** geliefert wird. Die Grundlast **206** weist beispielhaft einen konstanten Stromwert auf. Weiterhin ist eingezeichnet diejenige reduzierte Grundlast **207**, auf die bei Bedarf reduziert werden kann. Die Differenz zwischen der aktuellen Grundlast **206** und der reduzierten Grundlast **207** ist als Abschaltpotenzial **208** eingezeichnet. Das Abschaltpotenzial **208** berücksichtigt, dass solche Verbraucher, die nicht unbedingt für die jeweilige Betriebsart SSL benötigt sind, also in der Regel die Komfortverbraucher **162**, abgeschaltet werden können. Bei einem Zeitpunkt **tact1** erreicht der Aktuator act1 seinen Maximalwert bzw. seine maximale Kenngröße, im Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 4** den Maximalstrom I_{act1} . Weiterhin eingezeichnet ist die maximale Zeitdauer t_{max} für die Durchführung der entsprechenden Betriebsweise SSL **1** von dem Start der Betriebsweise SSL zum Zeitpunkt $t=0$ bis zu deren Beendigung, wenn das Fahrzeug in den sicheren Betriebszustand überführt wurde. Die Größenordnung für die maximale Zeitdauer t_{max} liegt je nach Manöver in der Größenordnung von einigen Sekunden bis hin zu mehreren Minuten.

[0043] In der Steuereinheit **190**, vorzugsweise das Energiemanagement, ist wie in **Fig. 3** gezeigt eine Funktionseinheit **192** zur Ermittlung der Grundlast implementiert. Zur Ermittlung der Grundlast im Bordnetz **102** durch sowohl sicherheitsrelevante wie auch andere (nicht sicherheitsrelevante) Verbraucher **162** bzw. Komfortverbraucher wie Heizung, Klimaanlage oder andere Komfortfunktionen könnten beispielsweise Parameter zur Leistungsaufnahme hinterlegt sein. Alternativ besteht die Möglichkeit, dass die elektronische Lastverteilung **163** den Strom einzelner oder mehrerer Verbraucher **162** in einem Block **211** misst und als Daten **206** (aktuelle Grundlast) der Funktionseinheit **192** zur Ermittlung der Grundlast zur Verfügung stellt. Alternativ könnten entsprechende Leistungsdaten auch in den Verbrauchern selbst erfasst und an die Steuereinheit **190** übermittelt werden. Sowohl die Parameter **197** der verschiedenen Betriebsweisen SSL und/oder die ermittelte Grundlast **206** und/oder das zugehörige Abschaltpotenzial **208** werden in einem Block **191** gespeichert und gegebenenfalls weiterverarbeitet. Weiterhin kann die Steuereinheit **190** ermitteln, wie stark die Grundlast **206** bei Bedarf durch die elektronische Lastverteilung **163** reduziert werden kann (Abschaltpotenzial **208**). Hierzu werden beispielsweise gerade aktivierte, jedoch abschaltbare Verbraucher, insbesondere Komfortverbraucher **162** mit den zugehörigen Leistungsaufnahmen ermittelt. Insbesondere bei der Verwendung von elektronischen Lastverteilungen **160**, **161**, **163** kann zuverlässig davon ausgegangen werden, dass die elektronische Lastverteilung **163** die Grundlast **206** im Fahrzeug um einen bestimmten Betrag (Abschaltpotenzial **208**) zuverlässig und sicher reduzieren kann. Wird dann die Betriebsweise SSL

zur Überführung in einen sicheren Zustand tatsächlich durchgeführt, so aktiviert die Steuereinheit **190**, insbesondere das Energiemanagement, die Abschaltung der Komfortlasten **162** durch entsprechende Befehle an die elektronische Lastverteilung **163** entsprechend dem ermittelten Abschaltpotenzial **208**.

[0044] Die elektronische Lastverteilung **163** besitzt unter anderem auch die Aufgabe, die Basislasten bzw. Komfortverbraucher **162** mit einem Sicherheitsziel abzuschalten. Über eine entsprechende Strommessung bzw. einen Funktionsblock **211** zur Bestimmung der Grundlast **206** wird diese an die Steuereinheit **190**, vorzugsweise das Energiemanagement, mitgeteilt. Bei einer entsprechenden Prädiktion der Kenngröße (beispielsweise die prädizierte Bordnetzspannung U_{74} bzw. **199** unter Verwendung der reduzierten Grundlast **207** und des Lastprofils **60**, **198**) kann davon ausgegangen werden, dass diese Lasten bzw. Verbraucher **162** während der entsprechenden Betriebsweise SSL **1**, SSL **2**, SSL **3** zur Erreichung eines sicheren Zustands abgeschaltet werden können. Dadurch steigt die Verfügbarkeit der automatisierten Fahrfunktionen.

[0045] Aus der aktuellen Grundlast **206** und dem Abschaltpotenzial **208** ermittelt die Steuereinheit **190** diejenige reduzierte Grundlast **207**, die maximal während der Dauer t_{max} der jeweiligen Betriebsweise SSL zur Erreichung eines sicheren Zustands vorliegen wird. Die maximale Dauer t_{max} der jeweiligen Betriebsweise SSL, die zugehörige reduzierte Grundlast **207** während dieser Zeit und der maximale Strombedarf der für die jeweilige Betriebsweise SSL notwendigen Aktuatoren I_{act1} , I_{actn} zu dem jeweiligen Zeitpunkt t_{act1} , t_{actn} sind in einem Speicherblock **191** hinterlegt und werden an zumindest einen Prädiktor **200** bzw. **62** eines Batteriesensors **10**, je nach Bedarf auch an weitere Batteriesensoren **10** bzw. zugehörige Prädiktoren **200** bzw. **62** für die jeweiligen Kanäle **101**, **103** übertragen. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 3** ist der Speicherblock **191** in der Steuereinheit **190** implementiert.

[0046] Üblicherweise wird für jeden Kanal **101**, **103** (bzw. Ch1, Ch2...) mit den jeweiligen von diesem Kanal **101**, **103** gespeisten sicherheitsrelevanten Aktuatoren bzw. Verbrauchern **147a**, **149a**, **150a**, **152**, **158**; **147b**, **149b**, **150b**, **154**, **159** für jede Betriebsweise SSL ein separater Prädiktor **62** bzw. **200.1**, **62** bzw. **200.2** angelegt. Parallel können auch mehrere Prädiktoren **62** bzw. **200** vorgesehen werden. Ergebnis eines Prädiktors **62** bzw. **200** ist eine prädizierte Kenngröße, beispielsweise der berechnete minimale Spannungseinbruch (UpredSSL, entsprechende Parameter **199** bzw. **74**) an der Batterieklemme, verursacht durch den vorgegebenen Stromverlauf bzw. Lastverlauf **141** der zugehörigen Betriebsweise SSL. Weiterhin wird ein Konfidenzintervall für die prädizierte Kenngröße (UpredSSL, **74/199**) ausgegeben. Um

die erwartete Kenngröße präzisieren zu können, sind viele weitere Zustandsgrößen der Batterie **106**, **110** wie der Ladungszustand SOC, der State-of-Health SOH, der Innenwiderstand R_i (vergleiche Block **201**) oder Ähnliches notwendig. Diese werden innerhalb des Batteriesensors **10** berechnet wie beschrieben.

[0047] Parallel zur Prädiktion der Kenngröße (beispielsweise der Spannung **74/199** bzw. des Spannungseinbruchs) während der jeweiligen Betriebsweise SSL wird weiterhin der Innenwiderstand R_i als Kenngröße **204** der jeweiligen Batterie **106**, **110** berechnet (Block **201**) und ebenfalls mit einem zugehörigen Vertrauensintervall ausgegeben. Zusätzlich läuft in einem Funktionsblock **202** eine Batterie-aberkennung ab. Ein in diesem Funktionsblock **202** hinterlegter Algorithmus erkennt, wenn die Verbindung von der Batterie **106**, **110** zum Batteriesensor **10** bzw. zum Bordnetz **102** unterbrochen ist.

[0048] Jede dieser Größen wird getrennt für jeden Kanal **101**, **103** und getrennt für jede Betriebsweise SSL zu einem Analyseblock **193** übertragen. In diesem Analyseblock **193** erfolgt eine Analyse, bei welchen Grenzen der prädierten Kenngröße (beispielsweise Spannungsgrenzen) ein sicherheitsrelevanter Verbraucher **147**, **149**, **157** nur noch degradiert (beispielsweise mit geringerer Leistung betrieben) werden kann oder gar nicht mehr funktioniert, d.h. bis zu welchem Wert die prädierte Kenngröße wie beispielsweise die Spannung im Kanal **101**, **103** bzw. an der Eingangsklemme des sicherheitsrelevanten Verbrauchers **147**, **149**, **157** einbrechen darf, ohne dass sicherheitsrelevante Funktionen ausfallen. Diese Grenzwerte werden mit den prädierten Kenngrößen verglichen. Wird prädiert, dass aufgrund des Zustands der zugehörigen Batterie **106**, **110** gewisse sicherheitsrelevante Funktionen nicht mehr betrieben werden können, weil gemäß der Prädiktion die Kenngröße (beispielsweise die Spannung) zu tief einbrechen würde, wird die entsprechende Statusinformation (Statusbit Status BN1) für die jeweilige Betriebsweise SSL auf 0 (jeweilige SSL nicht zulässig) gesetzt. In diesem Fall wird die automatische Fahrfunktion nur noch eingeschränkt freigegeben. Wenn jedoch sämtliche Betriebsweisen SSL zur Erreichung eines sicheren Zustands nicht mehr durch die Batterie **106**, **110** versorgt werden können (sämtliche Zustände Status BN1 (oder BN2) für sämtliche Betriebsweisen SSL nicht zulässig), ohne dass die prädierte Kenngröße unzulässig einbricht, wird die komplette automatische Fahrfunktion durch einen Funktionsblock **187** betreffend der Freigabe komplett gesperrt. Die entsprechende Statusinformation des Analyseblocks **193**, die dort generiert wurde, wird entsprechend an die Zentraleinheit **182** bzw. **152** bzw. den Funktionsblock **187** der Zentraleinheit **182** bzw. **152** weitergegeben. Entsprechendes gilt für die Statusinformationen **213** (Status BN 1, Status BN 2 für die jeweiligen Betriebsweisen SSL **1...n**) für die jeweiligen

einzelnen Betriebsweisen SSL, ob diese anhand der prädierten Kenngrößen zulässig sind.

[0049] Weiterhin kann der im Analyseblock **193** realisierte Prüfdurchlauf auch durchgeführt werden, wenn die automatische Fahrfunktion bereits im Betrieb ist. In diesem Fall könnten dem Analyseblock **193** etwas schärfere (d.h. höhere) Grenzwerte wie beispielsweise Spannungsgrenzen hinterlegt sein, um zu vermeiden, dass die automatische Fahrfunktionen freigegeben wird, obwohl die Batterie **106**, **110** nahe an der zulässigen Leistungsgrenze ist. Der Analyseblock **193** ist beispielsweise in der Steuereinheit **190** implementiert.

[0050] Weiterhin ist es möglich, dass in einem Kanal **101**, **103** für längere Zeit kein Verbraucher **147**, **149**, **150**, **157**, **162** aktiv war und somit die Batterie **106**, **110** keine Belastung durch Stromabgabe oder Stromaufnahme bekommen hat. In diesem Fall wird die Gültigkeit des Ergebnisses durch den jeweiligen Prädiktor **200** bzw. **62** zurückgesetzt (bspw. Gültigkeit = 0), da die Batterie **106**, **110** für eine gewisse Zeit nicht mehr diagnostiziert werden konnte. Somit wird aktiv der Zeitpunkt der letzten Batteriediagnose erfasst und gegebenenfalls zur Erkennung der Gültigkeit wie beschrieben ausgewertet. Eine elektrische Anregung kann erzeugt werden, indem Verbraucher **147**, **149**, **150**, **157**, **162** über die Steuereinheit **190** (Energiemanagement) und über eine elektronische Lastverteilung **160**, **161**, **163** zugeschaltet werden. Dies erfolgt durch den Block **194**, der der Anregung (der Batterie **106**, **110** bzw. des Bordnetzes **102**) beispielsweise durch Verbraucher dient. Alternativ könnte eine Quelle (beispielsweise ein Gleichspannungswandler **108**, **165** gemäß Fig. 2) mehr Energie in den jeweiligen Kanal **101**, **103** des Bordnetzes **102** speisen oder dem Kanal **101**, **103** entnehmen. Diese Funktionalität erfolgt durch einen Block **195**, der der Anregung durch eine Quelle dient. Die beiden Blöcke **194**, **195** sind beispielhaft in der Steuereinheit **190** implementiert. Neben dem Gleichspannungswandler **108**, **165** könnte bei fehlender Gültigkeit eine Anregung auch über einen Generator oder weitere Aktorik erfolgen.

[0051] In einer alternativen Ausgestaltung, die nicht gezeigt ist, wurde der Block **185** zur Hinterlegung der Parameter der unterschiedlichen Betriebsweisen SSL von der Steuereinheit **190** (Energiemanagement) in die Zentraleinheit **182** bzw. **152** partitioniert. Dies bedeutet, dass die zugehörigen Betriebsweisen SSL in der Zentraleinheit **82** bzw. **152** generiert werden und zusätzlich die Umrechnung in elektrische Betriebsgrößen ebenfalls in der Zentraleinheit **182** bzw. **152** erfolgt.

[0052] In einer alternativen Ausführungsform werden nicht nur Spannungseinbrüche (prädierte Kenngrößen unterschreiten bestimmte Grenzwerte), sondern auch ein Überschreiten von Grenzwerten

prädiziert (beispielsweise Überspannungen), die bei Rückspeisung in eine pufferunfähigen Batterie **106**, **110** auftreten können.

[0053] Besonders bevorzugt ist die Steuereinheit **190** eingerichtet, zumindest eine Grundlast **206** und/oder einem Abschaltpotenzial **208** des nicht für die Betriebsweise SSL benötigten Verbrauchers **162** zu ermitteln, wobei die Steuereinheit **190** eingerichtet ist, die prädizierte Kenngröße zu empfangen, wobei die Steuereinheit **190** eingerichtet ist, in Abhängigkeit von der prädizierten Kenngröße eine Freigabeinformation für die jeweilige Betriebsart SSL zu ermitteln.

[0054] Zusammenfassend laufen folgende Schritte ab. Die unterschiedlichen Betriebsweisen SSL zur Erreichung eines sicheren Zustands sind für jeden Kanal bzw. Bordnetzweig **101**, **103** mit entsprechenden Aktuator an Steuerungen und zugehörigen Lastprofilen **141** festgelegt, Block **183**.

[0055] Die unter anderem aus den Lastprofilen **141** der unterschiedlichen Betriebsweisen SSLCh1(1...n) ; SSLCh2(1...n) für die jeweiligen Bordnetzweige **101**, **103** (Ch1, Ch2) abgeleiteten Parameter **197**, **60** sind in dem Block **185** abgelegt bzw. werden an die Steuereinheit **190** übertragen. Alternativ könnten sie in dem Block **185** bzw. der Steuereinheit **190** gebildet werden. Die Parameter **197**, **60** werden an den Block **191** des Energiemanagements bzw. der Steuereinheit **190** übertragen. In dem Block **191** des Energiemanagements werden die Parameter **197** hinterlegt. Diese Parameter und gegebenenfalls weitere werden regelmäßig an den bzw. die Batteriesensor(en) **10** übertragen in Form der Parameter **198**. Außerdem ermittelt das Energiemanagement bzw. Steuereinheit **190** die tatsächliche Grundlast **206** und/oder das Abschaltpotenzial **208** für jeden Kanal Ch1, Ch2 bzw. Bordnetzweig **101**, **103** und überträgt dies ebenfalls an den bzw. die Batteriesensor(en) **10**. Diese Signale entsprechen somit dem Lastprofil **60** bzw. **198**.

[0056] Der jeweilige Batteriesensor **10** prädiziert auf Basis aktueller Batteriezustandsgrößen die entsprechenden Spannungsverläufe **74**, **199** für jede der Betriebsweisen SSL des jeweiligen Kanals bzw. Bordnetzweigs **101**, **103**. Der Batteriesensor **10** gibt den prädizierten Spannungseinbruch bzw. die prädizierte Kenngröße (als Teil der vom Batteriesensor **10** ermittelten Parameter **199**) am Energiespeicher **106**, **110** bzw. der Batterie aus. Weiterhin wird das Konfidenzintervall je Prädiktor **62**, **200** ausgegeben. Ein Konfidenzintervall (auch Vertrauensbereich genannt) ist ein Intervall aus dem Gebiet der Statistik, dass die Präzision der Lageschätzung eines Parameters angeben soll. In Abhängigkeit von der Vorgeschichte des Energiespeichers **106**, **110** des aktuellen Zustands bzw. der vorhandenen oder vorhergehenden Anregung sind die Ergebnisse der Prädiktoren **62**, **200** unschärfer oder präziser. Weiterhin wird eine An-

gabe zur Gültigkeit des Ergebnisses gemacht. So kann die Gültigkeit des Ergebnisses ablaufen, wenn eine Bordnetzanregung zu lange zurückliegt und eine erneute Anregung des Bordnetzes **102** erforderlich ist, beispielsweise durch Lasten oder durch Quellen. Die weiteren Funktionen wie die Batterie-ab-Erkennung in Block **202** und/oder die Ermittlung des Innenwiderstands in Block **201** laufen parallel im Batteriesensor **10** ab und können in das Diagnoseergebnis mit einfließen.

[0057] Die elektronische Lastverteilung **160**, **161**, **163** hat die Aufgabe einer Abschaltung der Basislast bzw. der Komfortverbraucher **162** mit einem gewissen Sicherheitsziel. Außerdem ist die elektronische Lastverteilung **160**, **161**, **163** in der Lage, eine Strommessung der Verbraucherströme vorzunehmen und dem Energiemanagement mitzuteilen. Bei der Spannungsprädiktion bzw. Prädiktion der entsprechenden Kenngröße kann davon ausgegangen werden, dass nicht zwingend benötigte Verbraucher **162** während der Durchführung einer entsprechenden Betriebsweise SSL zur Überführung des Fahrzeugs in einen sicheren Zustand abgeschaltet werden können, weshalb die Verfügbarkeit steigt.

[0058] Beim Energiemanagement bzw. der Steuereinheit **190** erfolgt eine Umrechnung der vom Batteriesensor **10** prädizierten Kenngröße (Spannungswert U, 199,74) in einen Status BN1, BN2 des jeweiligen Bordnetzweigs **101**, **103** bzw. Kanals Ch1, Ch2 abhängig von der gewählten Betriebsweise SSL. Hierzu vergleicht die Steuereinheit **190** die prädizierte Kenngröße (U, **74,199**) mit geeigneten Spannungsschwellen. Liegt die prädizierte Kenngröße (U, **74,199**) innerhalb zulässiger Grenzen, generiert die Steuereinheit **190** die Freigabe der automatisierten Fahrfunktionen. Weiterhin sind unterschiedliche Spannungsschwellen für die Freigabe und im Betriebsfall möglich. Abhängig von den Statusangaben BN1, BN2 des Bordnetzes des bzw. Bordnetzweigs **101**, **103** kann die Freigabe der automatisierten Fahrfunktionen erfolgen bzw. die Übergabe an den Fahrer bzw. eine Betriebsweise SSL zur Überführung des Fahrzeugs in einen sicheren Zustand getriggert werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- WO 2015/135729 A1 [0002]
- DE 102013203661 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen der Energieversorgung eines Kraftfahrzeugs mit automatisierter Fahrfunktion, mit unterschiedlichen Betriebsweisen (SSL) zur Überführung des Kraftfahrzeugs in einen sicheren Zustand, insbesondere in den Stillstand, wobei zumindest ein Energiespeicher (106, 110) zumindest einen nicht für die Betriebsweise (SSL) benötigten Verbraucher (162) und zumindest einen für die Betriebsweise (SSL) benötigten Verbraucher versorgt (147, 149, 150, 157), wobei der jeweiligen Betriebsweise (SSL) jeweils zumindest ein von dem für die Betriebsweise (SSL) benötigten Verbraucher (147, 149, 150, 157) abhängiges Lastprofil (141) zugeordnet ist, das bei dieser Betriebsweise (SSL) üblicher Weise auftritt, wobei in Abhängigkeit von dem Lastprofil (141) zumindest eine Kenngröße (U, 74, 199) des Energiespeichers (106, 110) prädiziert wird und in Abhängigkeit von der prädizierten Kenngröße des Energiespeichers (106, 110) die zugehörige Betriebsweise (SSL) und/oder die automatisierte Fahrfunktion freigegeben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die prädizierte Kenngröße (74, 199, U) ermittelt wird in Abhängigkeit von einer Grundlast (206) und/oder einem Abschaltpotenzial (208) des nicht für die Betriebsweise (SSL) benötigten Verbrauchers (162).

2. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Lastprofil (141) zumindest ein für das Lastprofil (141) charakteristischer Parameter (197, 198) zugeordnet wird, und dass die prädizierte Kenngröße (74, 199, U) ermittelt wird in Abhängigkeit von dem Parameter (197, 198).

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die unterschiedlichen Betriebsweisen (SSL) zugehörige Parameter (197, 198) ermittelt und/oder abgespeichert werden, die zur Ermittlung der prädizierten Kenngröße (74, 199, U) verwendet werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Parameter (197, 198) zumindest eine Zeitspanne (t_{max}) einer Dauer der Betriebsweise (SSL) und/oder ein Maximalwert (I_{act}, P_{act}) des Lastprofils (141) und/oder ein Zeitpunkt eines Auftretens (t_{act1}) eines Maximalwerts des Lastprofils (141) verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Anregung des Bordnetzes (102) zur Ermittlung der Grundlast (206) und/oder des Abschaltpotenzials (208), insbesondere durch Aktivierung zumindest eines Verbrauchers und/oder zumindest einer Quelle, erfolgt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Ermitt-

lung der Grundlast (206) und/oder des Abschaltpotenzials (208) bestimmte Werte bei einer entsprechenden Aktivierung des jeweiligen Verbrauchers (162) hinterlegt sind und/oder ermittelt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine weitere prädizierte Kenngröße (U) zumindest eines weiteren Energiespeichers (106, 110) ermittelt wird unter Berücksichtigung eines weiteren Lastprofils (141), das abhängt von einem weiteren für eine weitere Betriebsweise (SSL) benötigten Verbraucher (147, 150, 157), der von einem weiteren Energiespeicher (106, 110) bzw. Bordnetzweig (101, 103) versorgt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass unterschiedliche sicherheitsrelevante Verbraucher (147, 100, 49, 100, 50, 157) von unterschiedlichen Bordnetzweigen (101, 103), die von unterschiedlichen Energiespeichern gespeist werden können, versorgt werden, wobei für jeden Bordnetzweig (101, 103) jeweils zumindest zwei unterschiedliche Betriebsweisen (SSL) vorgesehen sind, wobei für die unterschiedlichen Betriebsweisen (SSL) jeweils Kenngrößen (U, 72, 199) prädiziert werden und abhängig von den prädizierten Kenngrößen zugehörige Betriebsweisen (SSL) freigegeben werden, wobei zumindest für jeden Bordnetzweig (101, 103) die Grundlast (206) und/oder das Abschaltpotenzial (208) ermittelt wird und in der Prädiktion der jeweiligen Kenngrößen (U, 72, 199) berücksichtigt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, eine Gültigkeit der prädizierten Kenngröße (U) ermittelt wird abhängig davon, ob der zugehörige Energiespeicher (106, 110) sich in einem gewünschten Betriebszustand befindet und/oder ob eine Anregung des Energiespeichers (106, 110) erfolgen soll.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Abhängigkeit von der prädizierten Kenngröße (U, 74, 199) zumindest eine Freigabeinformation (213) erzeugt wird zur Freigabe der jeweiligen Betriebsweise (SSL) bzw. eines zugehörigen Bordnetzweigs (101, 103).

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die prädizierte Kenngröße (U) und/oder zumindest ein Konfidenzintervall und/oder zumindest eine Gültigkeit ausgewertet wird und abhängig davon eine Abschaltung zumindest eines nicht für die Betriebsweise (SSL) benötigten Verbrauchers (162) bewirkt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass abhängig

von dem ermittelten Konfidenzintervall und/oder der Gültigkeit eine Anregung des Bordnetzes (102) erfolgt, insbesondere durch Aktivierung zumindest eines Verbrauchers (147, 149, 162) und/oder zumindest einer Quelle.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine elektronische Lastverteilung (160, 161, 163) zur Ansteuerung der Verbraucher (147, 149, 162) und/oder zu deren Stromerfassung vorgesehen wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grundlast (206) des Bordnetzes (102) zumindest teilweise durch eine elektronische Lastverteilung (160, 161, 163) ermittelt wird, insbesondere durch Messung eines durch einen angesteuerten Verbraucher (162) fließenden Stroms.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest der für ein Lastprofil (141) charakteristische Parameter (197) abgespeichert wird und/oder an einen Batteriesensor (10) übertragen wird, wobei der Batteriesensor (10) in Abhängigkeit von zumindest einem Parameter (197, 198) die prädierte Kenngröße (U, 72, 199) ermittelt.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

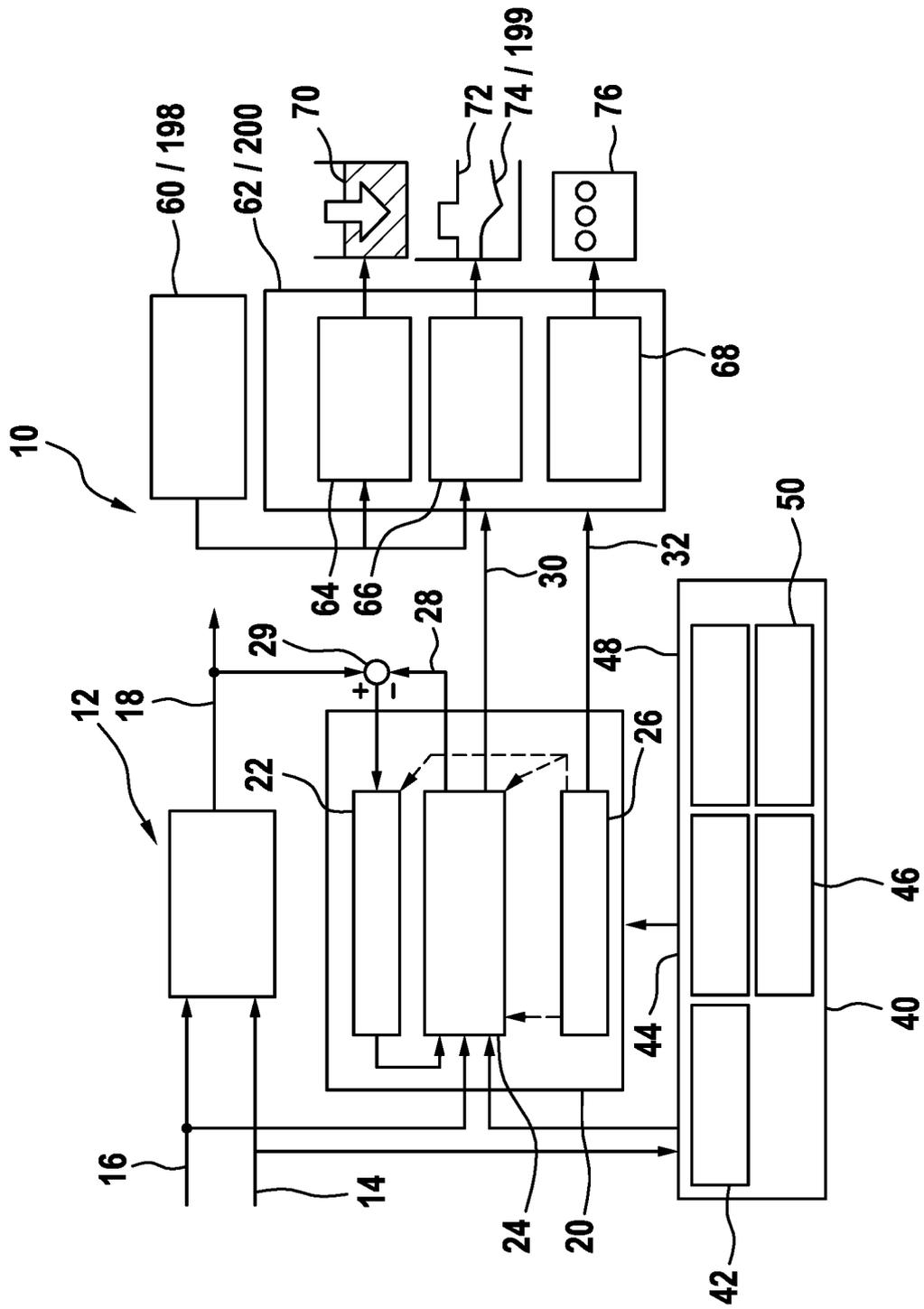


Fig. 3

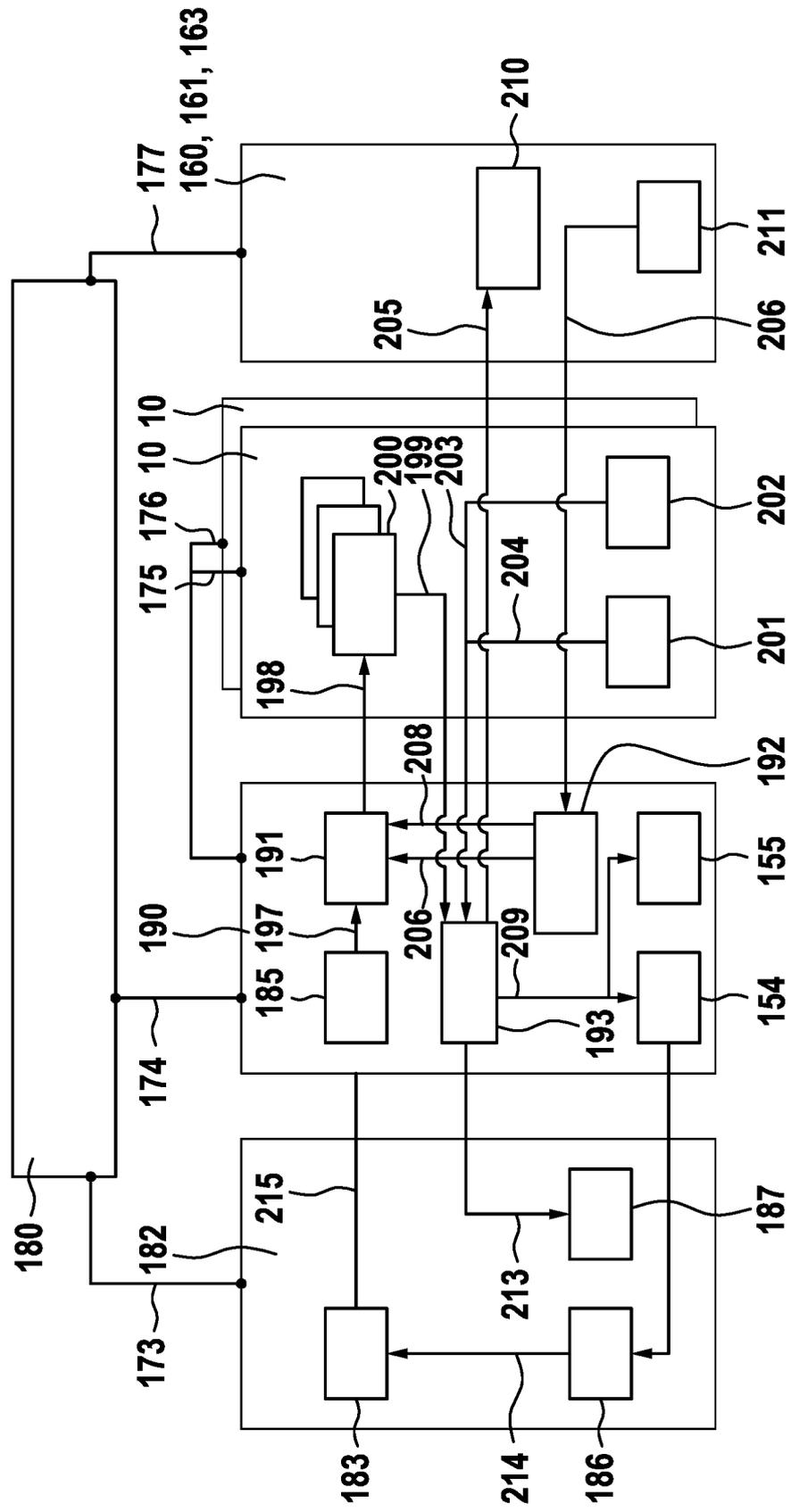


Fig. 4

