

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
15. Oktober 2015 (15.10.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2015/155133 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**G05D 1/00** (2006.01) **G05D 1/02** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/057383

(22) Internationales Anmeldedatum:  
2. April 2015 (02.04.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2014 206 885.1 9. April 2014 (09.04.2014) DE  
10 2014 213 171.5 7. Juli 2014 (07.07.2014) DE

(71) Anmelder: **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG**  
[DE/DE]; Guerickestr. 7, 60488 Frankfurt (DE).  
**CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE];  
Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: **RINK, Klaus**; Meisenweg 3, 63517 Rodenbach  
(DE). **SCHMID, Bernhard**; Altkönigstraße 24, 61169  
Friedberg (DE). **STÄHLIN, Ulrich**; Im Wingert 70, 65760  
Eschborn (DE). **FAISST, Holger**; Flurweg 22, 93161  
Sinzing (DE).

(74) Anwalt: **LEE, Daniel**; c/o Continental Teves AG & Co.  
OHG Intellectual Property, Guerickestr. 7, 60488 Frankfurt  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,  
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,  
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,  
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,  
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,  
ZW.

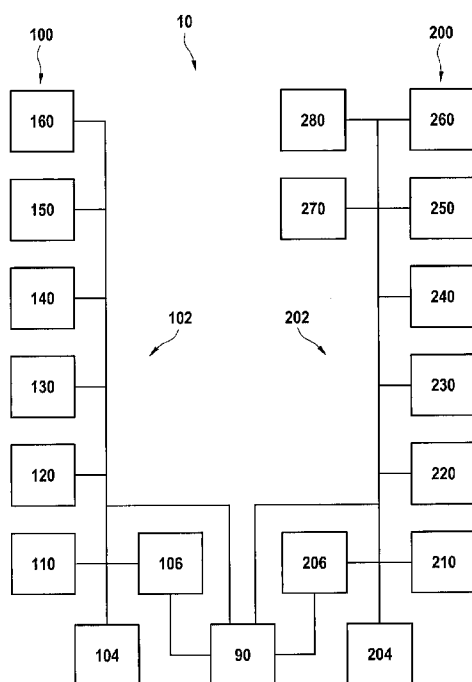
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,  
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,  
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SYSTEM FOR AUTONOMOUS VEHICLE GUIDANCE AND MOTOR VEHICLE

(54) Bezeichnung : SYSTEM ZUR AUTONOMEN FAHRZEUGFÜHRUNG UND KRAFTFAHRZEUG

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a system for autonomous vehicle guidance, which is designed so that at least limited and/or temporally restricted vehicle guidance is still possible even in the event of failure of some of the system components. The invention also relates to a vehicle comprising such a system.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein System zur autonomen Fahrzeugführung, welches so ausgebildet ist, dass eine zumindest eingeschränkte und/oder zeitlich begrenzte Fahrzeugführung auch dann noch möglich ist, wenn ein Teil der Komponenten des Systems ausfällt. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Fahrzeug mit einem solchen System.

WO 2015/155133 A1



---

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). — **Veröffentlicht:** *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

**System zur autonomen Fahrzeugführung und Kraftfahrzeug**

Die Erfindung betrifft ein System zur autonomen Fahrzeugführung,  
5 welches eine Mehrzahl von elektrischen und/oder elektronischen  
Komponenten aufweist, wobei die Komponenten dazu ausgebildet  
sind, zusammenwirkend eine autonome Fahrzeugführung durchzu-  
führen. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Kraftfahrzeug mit  
einem solchen System.

10 Es ist bekannt, Kraftfahrzeuge wie Autos, Lastkraftwagen oder  
Busse so auszurüsten, dass sie ganz oder teilweise autonom fahren  
können. Serienreif sind derzeit beispielsweise Einparkassis-  
tenten zum selbständigen Manövrieren in eine Parklücke,  
15 Stauassistenten zum Halten von Fahrspur und Abstand bei niedrigen  
Geschwindigkeiten oder Abstandstempomate zum automatischen  
Halten eines geschwindigkeitsabhängigen Abstands zu einem  
vorausfahrenden Fahrzeug. Derartige Systeme können den Fahrer in  
bestimmten Situationen deutlich entlasten, indem sie ihm zu-  
20 mindest einen Teil der Fahrzeugführung abnehmen. Damit tragen sie  
zu einer erhöhten Sicherheit und auch zu erhöhtem Fahrkomfort  
bei. Für derartige Fahrassistenzsysteme werden beispielsweise  
Komponenten wie Kameras, Ultraschallsensoren oder Radargeräte  
verwendet.

25 Es kann als allgemeines Entwicklungsziel bezeichnet werden,  
Kraftfahrzeuge so auszurüsten, dass sie in möglichst vielen  
Situationen dem Fahrer möglichst viele Aufgaben abnehmen.  
Anzustreben wäre es beispielsweise dass ein Fahrzeug vollständig  
30 autonom auf Straßen fahren kann, welche eine Überwindung langer  
Distanzen unter weitgehend definierten Bedingungen ermöglichen,  
beispielsweise auf Autobahnen. Da zur Überwindung langer  
Distanzen häufig mit besonders hohen Geschwindigkeiten gefahren  
wird, kann eine autonome Fahrt bei entsprechender Auslegung einen

deutlichen Sicherheitsgewinn darstellen. Beispielsweise kann ein elektronisches System zur Fahrzeugführung auf besondere Kommunikationsmittel zurückgreifen, um Informationen von anderen Fahrzeugen oder auch von Infrastruktureinrichtungen über den Fahrbahnzustand und mögliche Gefahren zu erhalten. Zudem haben elektronische Systeme eine schnellere Reaktionsfähigkeit als ein menschlicher Fahrer und sind frei von Emotionen.

Es versteht sich jedoch, dass ein möglicher Sicherheitsgewinn nur dann erzielt werden kann, wenn das System zur autonomen Fahrzeugführung selbst ein hohes Maß an Sicherheit aufweist, beispielsweise gegen Ausfall von einzelnen Komponenten des Sicherheitssystems. Ansonsten bestünde beispielsweise die Gefahr, dass bei Ausfall betriebswichtiger Komponenten das Fahrzeug plötzlich nicht mehr korrekt gesteuert wird, also beispielsweise einer Fahrbahn nicht mehr folgt oder keine anderen Fahrzeuge mehr berücksichtigt. Dies hätte mit hoher Wahrscheinlichkeit einen Unfall zur Folge.

Es ist deshalb eine Aufgabe der Erfindung, ein System zur autonomen Fahrzeugführung vorzusehen, welches beispielsweise hinsichtlich der Sicherheit verbessert ist. Es ist des Weiteren eine Aufgabe der Erfindung, ein Kraftfahrzeug mit einem solchen System vorzusehen.

Dies wird erfindungsgemäß durch ein System gemäß Anspruch 1 sowie ein Kraftfahrzeug gemäß Anspruch 28 erreicht. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind beispielsweise in den jeweiligen Unteransprüchen enthalten. Der Inhalt der Ansprüche wird durch ausdrückliche Inbezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

Die Erfindung betrifft ein System zur autonomen Fahrzeugführung, welches eine Mehrzahl von elektrischen und/oder elektronischen Komponenten aufweist, wobei die Komponenten dazu ausgebildet

sind, zusammenwirkend eine autonome Fahrzeugführung durchzuführen.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass

- 5 - jede der Komponenten einer ersten Menge von Komponenten oder einer zweiten Menge von Komponenten zugeordnet ist,
- wobei die Komponenten der ersten Menge dazu ausgebildet sind, eine zumindest eingeschränkte und/oder zeitlich begrenzte autonome Fahrzeugführung auch bei Ausfall der
- 10 Komponenten der zweiten Menge durchzuführen, und
- wobei die Komponenten der zweiten Menge dazu ausgebildet sind, eine zumindest eingeschränkte und/oder zeitlich begrenzte autonome Fahrzeugführung auch bei Ausfall der Komponenten der ersten Menge durchzuführen.

15

Das erfindungsgemäße System ist nicht nur dazu ausgelegt, ein Fahrzeug autonom zu steuern, wenn alle Komponenten funktionieren. Es ist vielmehr zusätzlich dazu ausgelegt, das Fahrzeug zumindest eingeschränkt und/oder zeitlich begrenzt autonom zu

20 steuern, wenn ein Teil der Komponenten ausfällt. Ein Ausfall einer Komponente kann beispielsweise durch eine defekte Stromversorgung, einen Platinenbruch, einen Blitzeinschlag oder ein anderes seltenes aber mögliches Ereignis bedingt sein. Bei einem solchen Ausfall wird das Fahrzeug jedoch nicht steue-

25 rungslos gelassen, was mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Unfall führen würde, sondern wird weiter geführt, um einen Unfall zu vermeiden.

Unter einer eingeschränkten Fahrzeugführung kann beispielsweise

30 verstanden werden, dass das Fahrzeug nur mit geringerer Geschwindigkeit, mit schlechterer Spurtreue, ungenauerer Positionsbestimmung oder größerem Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug geführt werden kann. Sofern die autonome Fahrzeugführung zeitlich begrenzt möglich ist, kann die vorgesehene Zeit,

in welcher das Fahrzeug weiterhin autonom geführt wird, beispielsweise ausreichend dafür sein, dass ein Fahrer die Fahrzeugführung übernimmt oder das Fahrzeug in einen sicheren Zustand verbracht wird, beispielsweise eine Fahrt mit niedrigerer Geschwindigkeit oder das Erreichen einer Parkposition, beispielsweise auf einem Standstreifen.

Eine autonome Fahrzeugführung kann eine vollständige oder teilweise autonome Fahrzeugführung bedeuten. Unter einer vollständig autonomen Fahrzeugführung kann beispielsweise verstanden werden, dass das Fahrzeug Strecken ohne Eingriff des Fahrers fährt, wobei das Fahrzeug idealerweise selbständig auf Parameter wie Streckenverlauf, Straßenbeschaffenheit und andere Fahrzeuge Rücksicht nimmt. Unter einer teilweise autonomen Fahrzeugführung kann beispielsweise verstanden werden, dass das Fahrzeug einzelne Fahraufgaben wie Halten der Geschwindigkeit, Halten des Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug oder Halten der Fahrspur selbst übernimmt, andere Fahraufgaben jedoch gleichzeitig vom Fahrer übernommen werden. Unter autonomer Fahrzeugführung können auch autonome Assistenzfunktionen wie Baustellenassistent, Kolonnenfahrt auf Autobahnen oder Stauassistent verstanden werden.

Bevorzugt sind einige oder alle der Komponenten zum Datenaustausch miteinander kommunizierend verbunden. Dies ermöglicht den Austausch von Daten wie beispielsweise Messwerten, Sensordaten, Berechnungsergebnissen oder Fahrbefehlen. Beispielsweise können die Komponenten über einen Feldbus, insbesondere einen CAN-Feldbus, verbunden sein. Auch die Verwendung drahtloser Kommunikation wie Bluetooth oder WLAN ist denkbar. Es sei verstanden, dass die Komponenten auch durch mehrere Systeme zum Datenaustausch miteinander kommunizierend verbunden sein können.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung ist vorgesehen, dass

- das System ein erstes Bordnetz und ein zweites Bordnetz aufweist,
  - wobei die erste Menge von Komponenten an dem ersten
- 5 Bordnetz angeschlossen ist und die zweite Menge von Komponenten an dem zweiten Bordnetz angeschlossen ist.

Die Bordnetze dienen insbesondere zur Stromversorgung der Komponenten. Sie können zumindest teilweise oder auch ganz als

10 Bestandteile eines Kabelbaums ausgeführt sein. Durch die beschriebene Aufteilung ist sichergestellt, dass selbst bei komplettem Ausfall eines Bordnetzes und einem in diesem Fall möglichen kompletten Ausfall aller Komponenten einer der beiden Mengen eine sichere Weiterfahrt des Fahrzeugs unter Fortführung

15 der autonomen Steuerung, wenn auch gegebenenfalls eingeschränkt und/oder zeitlich beschränkt, möglich ist.

Gemäß jeweiliger bevorzugter Ausführungen ist vorgesehen, dass die erste Menge von Komponenten eines oder mehrere der folgenden

20 Elemente aufweist:

- Vorrichtung zur Trajektorienplanung,
  - Vorrichtung zur groben Lokalisierung, insbesondere mittels Satellitennavigation und/oder dead reckoning,
  - Vorrichtung zur Ermittlung von Eingangsparametern für
- 25 Aktoren (Motion-Control),
- Aktoren, insbesondere Lenkung, Motorsteuerung, und/oder Bremse,
  - Umfeldsensoren, insbesondere Kameras, Radargeräte, Lidargeräte, Ultraschallsensoren, Temperatursensoren,
- 30 ren, Regensensoren und/oder Straßenzustandssensoren.

Die erste Menge wird aufgrund der möglichen Aufnahme von Komponenten mit Sehfunktion auch als „sehender Pfad“ bezeichnet.

Bei der Vorrichtung zur Trajektorienplanung kann es sich beispielsweise um eine elektronische Recheneinheit handeln, welche eigenständig oder auch als Teil einer anderen, weitere Funktionen ausführenden Recheneinheit ausgeführt sein kann. Die  
5 durchgeführte Trajektorienplanung dient insbesondere der Vorrausberechnung einer gewünschten und/oder geeigneten Fahrroute, welche auch als Trajektorie bezeichnet werden kann. Mittels der Trajektorienplanung gibt das System also anders ausgedrückt vor, entlang welcher Route sich das Fahrzeug bewegen soll. Die  
10 Trajektorienplanung kann dabei vorzugsweise kontinuierlich einen bestimmten Zeitraum von beispielsweise 5 s oder 10 s vorausplanen.

Für die Satellitennavigation kann auf bekannte Systeme wie GPS  
15 oder GLONASS zurückgegriffen werden, was üblicherweise eine Positionsbestimmung mit hoher Genauigkeit ermöglicht. Für dead reckoning kann beispielsweise auf Daten von diversen Sensoren wie Drehzahlsensoren oder Lenkwinkelsensoren zurückgegriffen werden. Aus den Daten solcher Sensoren kann die gefahrene  
20 Fahrtstrecke berechnet werden und damit kann die Position relativ zu einem Referenzpunkt berechnet werden.

Auch bei der Vorrichtung zur Berechnung von Eingangsparametern für Aktoren, welche auch als Motion-Control bezeichnet werden  
25 kann, kann es sich um eine Recheneinheit handeln, welche eigenständig oder auch als Teil einer anderen, weitere Funktionen ausführenden Recheneinheit ausgeführt sein kann. Damit werden beispielsweise Steuerbefehle für Aktoren wie Lenkung, Bremse und/oder Motorsteuerung berechnet, mittels welchen die be-  
30 rechnete Trajektorie vom Fahrzeug gefahren wird.

Bevorzugt weist die erste Menge von Komponenten eine Kamera zur Ermittlung von Eingangsdaten für eine Lokalisierungsfunktion auf. Damit können beispielsweise Fahrspuren und/oder Landmarken

wie Leitplanken, Leitpfosten oder Verkehrszeichen erkannt werden, was eine besonders genaue Positionsbestimmung ermöglicht, und zwar insbesondere dann, wenn dem System die genauen Standorte der Landmarken bekannt sind. Hierfür kann eine geeignete Karte oder Datenbank vorhanden sein, wobei derartige Karten oder Datenbanken beispielsweise auch von einem zentralen Serversystem bereitgestellt werden können, auf welches das Fahrzeug über drahtlose Datenübertragung Zugriff hat. Verkehrszeichen können auch ausgewertet werden, um Informationen über geltende Verkehrsregeln zu erlangen, welche beispielsweise im Rahmen der autonomen Fahrzeugführung verwendet werden können.

Gemäß jeweiliger Ausführungen handelt es sich bei den Eingangsdaten für die Lokalisierungsfunktion um eine oder mehrere der folgenden Informationen:

- Visuelle Odometrie (Bewegungsschätzung),
- Lokalisierung mittels gleichzeitiger Lokalisierung und Abbildung (SLAM, Simultaneous Localization and Mapping),
- Schätzung von Nick-, Wank- und/oder Rollrate.

Diese Eingangsdaten können beispielsweise von der Kamera selbst oder von einer anderen Komponente erzeugt werden, und zwar vorzugsweise aus von der Kamera gewonnenen Bild- und/oder Videodaten. Die Kamera oder eine andere Komponente kann auch dazu ausgebildet sein, Dynamikdaten aus den Bild- und/oder Videodaten zu ermitteln.

Bevorzugt ist eine Komponente dazu ausgebildet, mittels von der Kamera gelieferter Bilder oder Daten und bevorzugt auch mittels Kartendaten eine absolute Position basierend auf visuellen Landmarken zu ermitteln. Bei solchen Landmarken kann es sich beispielsweise um die bereits weiter oben erwähnten Leitplanken, Leitpfosten oder Verkehrszeichen handeln. Positionen solcher

Landmarken können beispielsweise in Kartendaten enthalten sein, welche im Fahrzeug gespeichert oder von einem Server mittels drahtloser Datenübertragung abrufbar sind. Es sei verstanden, dass das Fahrzeug beispielsweise auch eine zentrale Datenbank von Landmarken aktualisieren kann, insbesondere wenn es eine neue Landmarke findet, eine Landmarke entfernt wurde oder die Position einer Landmarke verändert wurde.

Daten, welche von der Kamera geliefert werden, können auch mit Daten von Umfeldsensoren wie Radarsensoren oder Lidarsensoren fusioniert werden. Die derart gewonnenen fusionierten Daten können beispielsweise zur Positionsbestimmung verwendet werden oder auch anderen Komponenten zur Verfügung gestellt werden. Damit kann beispielsweise die Belastung von Kommunikationsmitteln wie eines Feldbusses verringert werden, insbesondere wenn dadurch weniger Originaldaten übertragen werden.

Es sei verstanden, dass eine Fusion grundsätzlich als tightly coupling oder als loosely coupling ausgeführt sein kann.

Bei der Kamera kann es sich beispielsweise um eine Monokamera, eine Stereokamera oder eine Topviewkamera handeln. Es können auch mehrere Kameras gleicher oder unterschiedlicher Typen vorgesehen sein.

Gemäß jeweiliger bevorzugter Ausführungen ist vorgesehen, dass die zweite Menge von Komponenten eines oder mehrere der folgenden Elemente aufweist:

- Antennenschnittstelle, insbesondere für Fahrzeug-zu-X-Kommunikation (C2X-Kommunikation),
- Vorrichtung zur spurgenaue Positionierung und/oder Lokalisierung, insbesondere mittels Satellitennavigation, Odometrie und/oder landmarkenbasierter Positionierung,

- Fahrzeug-zu-X-Kommunikationsmittel (C2X-Kommunikationsmittel),
- weitere Vorrichtung zur Ermittlung von Eingangsparmetern für Aktoren (Backup-Motion-Control),
- 5     - weitere Aktoren (Backup-Aktoren), insbesondere weitere Lenkung (Backup-Lenkung), weitere Motorsteuerung (Backup-Motorsteuerung) und/oder weitere Bremse (Backup-Bremse).

10     Die zweite Menge wird aufgrund der möglichen Aufnahme von Funksystemen auch als „hörender Pfad“ bezeichnet.

Unter einer Fahrzeug-zu-X-Kommunikation, abgekürzt auch als C2X-Kommunikation bezeichnet, werden insbesondere eine Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation und eine Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation verstanden. Ersteres bezeichnet eine Kommunikation zwischen Fahrzeugen, wobei beispielsweise Daten über Geschwindigkeit, Kurs, Spurwechselabsichten, Pannen oder Sondereinsatzrechte ausgetauscht werden können. Zweiteres bezeichnet eine Kommunikation zwischen einem Fahrzeug und Infrastruktur, wobei beispielsweise vom Fahrzeug Informationen über Pannen gesendet werden können und von der Infrastruktur Informationen über Verkehrsregeln, Geschwindigkeitsbeschränkungen, Verkehrslage oder Umleitungen empfangen werden können.

Die Antennenschnittstelle kann dediziert für die C2X-Kommunikation vorgesehen sein oder auch mehrere Funktionen haben, so dass beispielsweise auch andere Kommunikationsmittel wie ein Autotelefon die Antennenschnittstelle nutzen können.

Die Vorrichtung zur spurgenauen Positionierung kann beispielsweise mittels Satellitennavigation und/oder mittels Odometrie ausgeführt sein, wobei im letzteren Fall bei-

spielsweise Daten von Fahrdynamiksensoren empfangen und verwendet werden können. Die Vorrichtung zur spurgenaue Positionierung aus der zweiten Menge kann insbesondere auch zusätzlich zur Vorrichtung zur groben Positionierung der ersten Menge vorhanden sein, wobei in diesem Fall typischerweise die Vorrichtung zur spurgenaue Positionierung eine genauere Positionsbestimmung ermöglicht als die Vorrichtung zur groben Positionierung. Letztere kann beispielsweise dazu ausgebildet sein, die Straße zu bestimmen, auf welcher das Fahrzeug fährt, während erstere dazu ausgebildet ist, auch die Fahrspur zu bestimmen, was insbesondere auf Autobahnen und anderen mehrspurigen Straßen von Vorteil ist.

Eine spurgenaue Positionierung kann insbesondere in einer digitalen Karte erfolgen bzw. für eine digitale Karte verwendet werden.

Die C2X-Kommunikationsmittel können beispielsweise in Form eines Funk- und/oder Datenverarbeitungsmoduls für die C2X-Kommunikation ausgebildet sein. Sie können auch als Bestandteil eines solchen Moduls ausgebildet sein, welches mehr Funktionen hat.

Die Backup-Motion-Control und die Backup-Aktoren können insbesondere dazu ausgebildet sein, bei einem Ausfall der Motion-Control bzw. eines oder mehrerer Aktoren aus der ersten Menge die entsprechenden Aufgaben zu übernehmen. Damit kann die zweite Menge von Komponenten grundsätzlich in die Lage versetzt werden, die Fahrzeugführung auch bei Ausfall der entsprechenden Komponenten der ersten Menge zu übernehmen.

Bevorzugt weist die zweite Menge eine Anzahl von Umfeldsensoren, insbesondere Kameras, Radargeräte, Lidargeräte, Ultraschallsensoren, Temperatursensoren, Regensensoren und/oder Stra-

Benzustandssensoren auf. Diese Umfeldsensoren können insbesondere zusätzlich zu Umfeldsensoren vorhanden sein, welche der ersten Menge zugeordnet sind. Dies erhöht die Sicherheit des Systems insbesondere im Fall eines Ausfalls von Komponenten der ersten Menge, da die zweite Menge in diesem Fall über eine gewisse Fähigkeit verfügt, das Umfeld wahrzunehmen, wenn auch diese Fähigkeit typischerweise hinter derjenigen der ersten Menge zurückbleiben wird.

10 Bevorzugt weist die zweite Menge eine Anzahl von Fahrdynamiksensoren, insbesondere Drehzahlsensoren, Geschwindigkeitssensoren, Lenkwinkelsensoren, Lenkradwinkelsensoren, Beschleunigungssensoren und/oder Drehratensensoren auf. Dies ermöglicht die Erfassung von Fahrdynamikdaten, beispielsweise  
15 zur Verwendung in einer Positionsbestimmung oder in einer spurgenaue Positionierung.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung ist das System dazu ausgebildet, ein Fahrzeug bei Ausfall eines Bordnetzes oder bei  
20 Ausfall zumindest einer Komponente in einen sicheren Zustand zu überführen. Der sichere Zustand kann beispielsweise eine Übergabe der Fahrzeugführung an einen Fahrer, eine Verringerung der Geschwindigkeit und/oder ein Abstellen des Fahrzeugs auf einem hierfür vorgesehenen Platz, beispielsweise einem Seitenstreifen, sein. Damit kann dem Ausfall in geeigneter Weise  
25 Rechnung getragen werden, um einen Unfall möglichst wirkungsvoll zu verhindern.

Ein Fahrer kann bei Ausfall eines Bordnetzes oder bei Ausfall  
30 zumindest einer Komponente beispielsweise durch optische, akustische und/oder haptische Signale ermahnt werden, die Führung des Fahrzeuges zu übernehmen. Damit kann der Fahrer schnell darauf aufmerksam gemacht werden, dass sein Eingriff zur Vermeidung einer gefährlichen Situation erforderlich ist.

Einige oder alle der Komponenten können dazu ausgebildet sein, Daten zu erfassen und erfasste Daten zwischen Komponenten beider Mengen auszutauschen. Das System kann dazu ausgebildet sein, das Fahrzeug bei Ausfall eines Bordnetzes oder von Komponenten für einen kurzen Zeitraum, insbesondere einen Zeitraum von 5 s bis 10 s, mittels der zuvor zwischen den Komponenten beider Mengen ausgetauschten Informationen autonom weiterzuführen.

Bevorzugt ist zumindest eine Komponente der zweiten Menge dazu ausgebildet, bei Betrieb beider Bordnetze und/oder bei Betrieb aller Komponenten Daten an zumindest eine Komponente der ersten Menge zu übermitteln.

Gemäß jeweiliger Ausführungen kann es sich bei den von Komponenten der zweiten Menge an Komponenten der ersten Menge übermittelten Daten um eine oder mehrere der folgenden Informationen handeln:

- Fahrzeugposition in einem globalen Referenzsystem, insbesondere WGS 84,
- spurgenaue Positionierung, beispielsweise zur Verwendung in einer digitalen Karte,
- Informationen aus einer Fahrzeug-zu-X-Kommunikation, beispielsweise
  - sich dynamisch verändernde Objekte, welche sich auf einer Trajektorie befinden können, wie liegen gebliebene Fahrzeuge, Baustellen, Sondereinsatzfahrzeuge und/oder Stauende,
  - Verkehrszeicheninformationen,
  - Fahrdynamikdaten anderer Fahrzeuge, insbesondere von vorrausfahrenden, herannahenden oder nebenher fahrenden Fahrzeugen, mit welchen stabile Kolonnenfahrt ermöglicht werden kann,

- Informationen über Spurwechselabsichten anderer Fahrzeuge, insbesondere von vorrausfahrenden, herannahenden oder nebenher fahrenden Fahrzeugen, welche die eigene Fahrspur betreffen,
- 5       - Fahrdynamikdaten, beispielsweise
  - Drehrate und/oder 3D-Drehrate,
  - Beschleunigung und/oder 3D-Beschleunigung,
  - Lenkwinkel,
  - Raddrehzahl,
  - 10       - Geschwindigkeit über Grund,
  - Schwimmwinkel.

Diese Informationen können beispielsweise zur autonomen Fahrzeugführung von Komponenten der ersten Menge verwendet  
15 werden. Insbesondere sind dabei Daten aus der Fahrzeug-zu-X-Kommunikation relevant, welche eine Trajektorie betreffen, welche das Fahrzeug voraussichtlich fahren wird.

Bevorzugt weisen einige oder alle der von Komponenten der zweiten  
20 Menge an Komponenten der ersten Menge übermittelten Informationen einen jeweiligen Zeitstempel auf, welcher den Zeitpunkt der Informationserfassung angibt. Dies verbessert Möglichkeiten zum Auswerten oder Fusionieren der Informationen, da genau bekannt ist, wann die jeweilige Information aufgenommen wurde.

25 Besonders bevorzugt wird der Zeitstempel unter Verwendung einer globalen Zeitinformation, insbesondere eine aus Satellitenavigation erhaltene Zeitinformation, erzeugt. Dies erlaubt auch den Vergleich von Zeitstempeln, welche im eigenen Fahrzeug  
30 vergeben wurden, mit Zeitstempeln aus anderen Fahrzeugen oder Infrastruktur.

Ein Zeitstempel kann beispielsweise einen Datensatz aufweisen, welche eine Uhrzeit in einem bestimmten Format und gegebenenfalls auch ein Datum aufweist.

- 5 Mit einer von einer Komponente des zweiten Pfads, beispielsweise einer Vorrichtung zur spurgenaue Positionierung, übergebenen Position kann kontinuierlich eine einfache Lokalisierung in zumindest einer Komponente der ersten Menge kalibriert werden, was beispielsweise eine spurgenaue Positionierung bei der
- 10 Trajektorienplanung ermöglicht. Auch kann durch eine Eigen-Lokalisierung eine gefahrene Ist-Trajektorie ermittelt und daraus eine Optimierung der Aktor-Ansteuerung durch den Motion-Control durchgeführt werden. Somit kann eine geschlossene Regelschleife aus Aktoransteuerung und daraus resultierender
- 15 Positionsveränderung gebildet werden, welche ein besonders präzises Fahren ermöglicht.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung beinhalten die von Komponenten der zweiten Menge an Komponenten der ersten Menge

20 übermittelten Daten eine globale Zeitinformation, insbesondere eine aus Satellitennavigation erhaltene Zeitinformation. Dies ermöglicht es insbesondere in vorteilhafter Weise, dass die Zeitinformation an Umfeldsensoren übergeben wird und die Umfeldsensoren jeweilige Messwerte mit einem auf der Zeitin-

25 formation basierenden Zeitstempel versehen. Bei einer Fusion der eingehenden Daten kann ein solcher Zeitstempel beispielsweise eine zeitliche Zuordnung der Daten verbessern und dadurch eine Zeitunschärfe der in der Fusion generierten Information verringern.

30

Besonders bevorzugt ist zumindest eine Komponente der ersten Menge dazu ausgebildet ist, bei einem Ausfall des zweiten Bordnetzes oder zumindest einer Komponente der zweiten Menge eine Trajektorienplanung mittels der von Komponenten der zweiten

Menge an Komponenten der ersten Menge übermittelten Informationen für einen bestimmten Zeitraum, bevorzugt zwischen 5 s und 10 s, durchzuführen. Dies kann eine ausreichende Zeit sein, um eine Übergabe der Fahrzeugsteuerung an einen Fahrer durchzuführen, wobei bis zur Übergabe das Fahrzeug ausreichend zuverlässig gesteuert wird, um einen Unfall zu vermeiden. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, das Fahrzeug in einen bestimmten Zustand wie beispielsweise ein Anhalten auf einem Standstreifen zu überführen.

10

Bevorzugt ist zumindest eine Komponente der ersten Menge dazu ausgebildet, bei Betrieb beider Bordnetze eine Trajektorienplanung kontinuierlich an zumindest eine Komponente der zweiten Menge zu übergeben, wobei zumindest eine Komponente der zweiten Menge dazu ausgebildet ist, bei Ausfall des ersten Bordnetzes oder von Komponenten der ersten Menge unter Verwendung dieser Trajektorienplanung autonomes Fahren für einen bestimmten Zeitraum weiter zu betreiben. Somit kann auch im Fall eines Ausfalls auf Seiten der ersten Menge ein sicherer, wenn auch gegebenenfalls zeitlich begrenzter Weiterbetrieb des Fahrzeugs ermöglicht werden, bis ein Fahrer die Steuerung übernommen hat oder anderweitige Maßnahmen ergriffen sind.

15

Im Fall eines Ausfalls von Komponenten der ersten Menge, insbesondere bei Ausfall einer Motion-Control oder einer Anzahl von Aktoren, können bevorzugt eine Backup-Motion-Control bzw. Backup-Aktoren aus der zweiten Menge verwendet werden.

25

Bevorzugt wird bei Ausfall von Komponenten der ersten Menge eine Trajektorienkontrolle von einem Positionier-Modul der zweiten Menge durchgeführt und an den Backup-Motion-Control zurückgemeldet, damit dieser seine Ansteuerung optimieren kann.

30

Bevorzugt wird bei Ausfall des ersten Bordnetzes, bei Ausfall zumindest einer Komponente der ersten Menge, oder auch bei Übernahme der Fahrzeugführung alleine durch Komponenten der zweiten Menge aus sonstigem Grund, die aus einer Komponente der ersten Menge erhaltene Trajektorienplanung unter Verwendung von Daten aus einer Fahrzeug-zu-X-Kommunikation aktualisiert. Dies ermöglicht eine längere sichere Fahrzeit unter autonomer Fahrzeugführung.

10 Gemäß einer bevorzugten Ausführung ist zumindest eine Komponente oder eine nicht an dem ersten Bordnetz oder dem zweiten Bordnetz angeschlossene Einrichtung dazu ausgebildet, bei Ausfall des ersten Bordnetzes und/oder des zweiten Bordnetzes und/oder einzelner Komponenten über Fahrzeug-zu-X-Kommunikationsmittel  
15 eine oder mehrere Nachrichten an andere Fahrzeuge und/oder an Infrastruktur abzusenden, wobei die Nachrichten die Information beinhalten, dass sich das Fahrzeug in einem Notbetrieb befindet. Damit können andere Fahrzeuge davor gewarnt werden, dass sich das Fahrzeug unter Umständen nicht wie bei vollständig funktionsfähiger autonomer Fahrzeugführung verhält. Sie können dann  
20 beispielsweise einen größeren Abstand halten oder Spurwechsel unterlassen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung weisen einige oder alle  
25 zwischen den Komponenten ausgetauschten Daten und/oder Informationen ein Integritätsmaß auf, welches die Güte der Daten und/oder Informationen anzeigt. Dies ermöglicht eine bessere Bewertung der Daten, beispielsweise bei Fusion oder anderen Berechnungen oder Auswertungen. Es können beispielsweise die  
30 Daten mit dem besten Integritätsmaß für bestimmte Berechnungen verwendet werden.

Gemäß jeweiliger Ausführungen werden redundante Lokalisierungsinformationen einer Komponente oder mehreren Komponenten

zugeführt, und/oder das System weist eine zentrale Komponente auf, welche einen zentral überwachenden Algorithmus ausführt und welcher redundante Lokalisierungsinformationen zugeführt werden, wobei der Algorithmus dazu ausgelegt ist, eine autonome Fahrzeugsteuerung oder einzelne Funktionen einer autonomen Fahrzeugsteuerung auch dann auszuführen, wenn eines der Bordnetze oder zumindest eine Komponente ausfällt. Damit wird eine besonders hohe Sicherheit erreicht. Ein solcher Algorithmus kann bevorzugt auf Grundlage der Integritätsmaße arbeiten. Die Komponenten, welche den zentral überwachenden Algorithmus ausführen, können beiden Mengen von Komponenten zugeordnet sein.

Bevorzugt weist das System eine oder mehrere Komponenten auf, um eine Fahrzeugposition auf zweierlei Arten zu berechnen, nämlich zum einen basierend zumindest auf Fahrdynamikdaten und Satellitennavigationsdaten, und zum anderen basierend zumindest auf Kameradaten und besonders bevorzugt auch auf Kartendaten. Damit wird eine vorteilhafte Redundanz erreicht, wobei bei Ausfall eines gewissen Teils des Systems auf andere Teile zurückgegriffen werden kann, um die für ein sicheres oder zumindest eingeschränktes Fahren mit autonomer Fahrzeugführung nötige Funktionalität zu erhalten. Außerdem wird eine Toleranz gegen common cause - Fehler erreicht, d.h. es ist sehr unwahrscheinlich, dass der gleiche Fehler beide Arten der Berechnung in gleicher Weise stört. Besonders bevorzugt gehört eine Komponente zur Berechnung der Fahrzeugposition basierend auf Kameradaten und gegebenenfalls auch Kartendaten zur ersten Menge von Komponenten. Weiter bevorzugt gehört eine Komponente zur Berechnung der Fahrzeugposition basierend auf Fahrdynamikdaten und Satellitennavigation zur zweiten Menge von Komponenten.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung weist das System eine oder mehrere Komponenten auf, um Fahrdynamikdaten, Satellitennavigationsdaten und Kameradaten sowie bevorzugt auch Kartendaten

zu fusionieren und als fusionierte Information anderen Komponenten zur Verfügung zu stellen. Damit kann beispielsweise eine Belastung eines fahrzeuginternen Kommunikationssystems wie eines Feldbusses verringert werden. Solche Komponenten können  
5 zur ersten und/oder zweiten Menge gehören.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung weist das erste Bordnetz eine erste Stromversorgungseinheit auf und das zweite Bordnetz weist eine zweite Stromversorgungseinheit auf, wobei die erste  
10 Stromversorgungseinheit zur Versorgung der an das erste Bordnetz angeschlossenen Komponenten dient und die zweite Stromversorgungseinheit zur Versorgung der an das zweite Bordnetz angeschlossenen Komponenten dient. Ferner weist bevorzugt das erste Bordnetz eine erste Batterie auf, welche bei Ausfall der  
15 ersten Stromversorgungseinheit die Stromversorgung des ersten Bordnetzes übernimmt. Das zweite Bordnetz weist bevorzugt eine zweite Batterie auf, welche bei Ausfall der zweiten Stromversorgungseinheit die Stromversorgung des zweiten Bordnetzes übernimmt.

20

Durch das Vorsehen von Batterien kann eine besonders hohe Sicherheit bereitgestellt werden, um zu vermeiden, dass einige oder alle der weiter oben erwähnten Notfallmaßnahmen bei einem Ausfall von Komponenten überhaupt angewendet werden müssen. Bei  
25 einem Ausfall einer Stromversorgungseinheit, welcher ansonsten zum Ausfall von Komponenten führen würde, kann durch eine Batterie der Betrieb der an dem Bordnetz angeschlossenen Komponenten in vorteilhafter Weise weiter sichergestellt werden. Die Zeit, innerhalb welcher ein solcher Batteriebetrieb möglich  
30 ist, kann insbesondere länger sein als die Zeit, innerhalb welcher ein sicherer Weiterbetrieb des Fahrzeugs unter autonomer Fahrzeugführung bei einem Ausfall möglich ist.

Besonders bevorzugt weist das System ferner zumindest ein Batteriemanagementsystem auf, welches dazu ausgebildet ist, dass bei Ausfall der ersten Stromversorgungseinheit und der ersten Batterie die zweite Batterie die Stromversorgung des ersten Bordnetzes übernimmt, und/oder dass bei Ausfall der zweiten Stromversorgungseinheit und der zweiten Batterie die erste Batterie die Stromversorgung des zweiten Bordnetzes übernimmt. Damit kann sogar in dem Fall, in welchem eine Stromversorgungseinheit und die zugehörige Batterie gleichzeitig ausfallen, die Funktion beider Bordnetze und damit aller Komponenten des Systems weiter gewährleistet werden. Dies macht es nochmal unwahrscheinlicher, dass auf die weiter oben beschriebenen Notmaßnahmen zurückgegriffen werden muss. Diese wären vielmehr erst dann nötig, wenn beispielsweise auch noch die andere Batterie ausfällt oder ein anderer Defekt vorliegt, beispielsweise ein Platinenbruch in einer Komponente.

Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Kraftfahrzeug, welches ein erfindungsgemäßes System zur autonomen Fahrzeugführung aufweist. Damit können die weiter oben beschriebenen Vorteile für ein Kraftfahrzeug nutzbar gemacht werden. Hinsichtlich des Systems kann auf alle beschriebenen Ausführungen und Varianten zurückgegriffen werden. Erläuterte Vorteile gelten entsprechend.

Es sei verstanden, dass Komponenten des Systems zur autonomen Fahrzeugführung auch für andere Aufgaben verwendet werden können. So kann beispielsweise ein Lenkwinkelsensor sowohl für die autonome Fahrzeugführung wie auch für die Steuerung einer Servolenkung verwendet werden.

Grundsätzlich können Recheneinheiten oder andere elektrische oder elektronische Komponenten oder Elemente des beschriebenen Systems beispielsweise mittels eines Mikroprozessors, eines

Mikrocontrollern, eines anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreises (ASIC), einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPSS) oder mittels anderer festverdrahteter oder frei programmierbarer Komponenten ausgeführt sein. Beispielsweise  
5 können solche Recheneinheiten oder andere elektronischen Komponenten oder Elemente Prozessormittel und Speichermittel aufweisen, wobei in den Speichermitteln Programmcode gespeichert ist, bei deren Ausführung durch die Prozessormittel die Prozessormittel ein bestimmtes Verfahren und/oder eine bestimmte  
10 Folge von Anweisungen ausführen.

Unter einer Anzahl von bestimmten Einheiten sei grundsätzlich entweder eine solche Einheit oder eine Mehrzahl solcher Einheiten verstanden.

15

Weitere Merkmale und Vorteile wird der Fachmann dem nachfolgend mit Bezug auf die beigefügte Zeichnung beschriebenen Ausführungsbeispiel entnehmen. Dabei zeigen:

20 Figur 1: Ein Ausführungsbeispiel eines Systems zur autonomen Fahrzeugführung,

Figur 2: Ein Ausführungsbeispiel eines Fahrzeugs mit einem solchen System.

25

Figur 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel eines Systems  
10 zur autonomen Fahrzeugführung.

Das System 10 weist eine erste Menge 100 von Komponenten und eine  
30 zweite Menge 200 von Komponenten auf. Diese Komponenten werden nachfolgend im Einzelnen beschrieben.

Die erste Menge 100 weist eine Vorrichtung 110 zur Trajektorienplanung, eine Vorrichtung 120 zur groben Lokali-

sierung, eine Vorrichtung 130 zur Ermittlung von Eingangsparametern für Aktoren, eine Anzahl von Aktoren 140, eine Kamera 150 und eine Anzahl von weiteren Umfeldsensoren 160 auf. Aufgrund der Einbindung einer Kamera und weiterer Umfeldsensoren werden  
5 die Komponenten der ersten Menge 100 auch als „sehender Pfad“ bezeichnet.

Die zweite Menge 200 weist eine Fahrzeug-zu-X-Antennenschnittstelle 210, eine Vorrichtung 220 zur spurgenaue Positionierung, eine weitere Vorrichtung 230 zur Ermittlung von  
10 Eingangsparametern für Aktoren, eine Anzahl von weiteren Aktoren 240, ein Fahrzeug-zu-X-Kommunikationsmodul 250, eine Anzahl von Umfeldsensoren 260, eine Anzahl von Fahrdynamiksensoren 270 sowie eine Recheneinheit 280 auf. Aufgrund der Einbindung  
15 externer Kommunikation werden die Komponenten der ersten Menge auch als „hörender Pfad“ bezeichnet.

Das System 10 ist insgesamt dazu ausgebildet, ein Fahrzeug in definierten Situationen autonom zu steuern. Hierbei ist insbesondere zu erwähnen, dass das System 10 eine stabile Kolonnenfahrt auf einer Autobahn realisieren kann, so dass sich das  
20 Fahrzeug in den Verkehrsfluss einreicht und normalerweise keine Eingriffe des Fahrers nötig sind. Insbesondere Lenkwinkel, Motorleistung und Bremswirkung werden durch das System 10 autonom  
25 gesteuert, so dass Fahrtrichtung, Kurvenradien, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Verzögerung automatisch eingestellt werden. Wenn alle oben aufgeführten Komponenten des Systems 10 normal funktionsfähig sind, sich also im Betrieb befinden, so erreicht das System 10 seine maximale Funktionalität.

30 Das System 10 ist jedoch auch dafür ausgebildet, das Fahrzeug auch dann noch zumindest eingeschränkt und zeitlich begrenzt autonom zu führen, wenn eine oder mehrere der Komponenten ausfallen.

Insbesondere ist das System 10 dazu ausgebildet, das Fahrzeug im Fall eines Ausfalls der Komponenten der ersten Menge 100 oder im Fall eines Ausfalls der Komponenten der zweiten Menge 200 eingeschränkt und zeitlich begrenzt so lange zu führen, bis ein  
5 Fahrer die Fahrzeugsteuerung übernommen hat. In einem solchen Fall wird der Fahrer darauf hingewiesen, dass das System 10 zur autonomen Fahrzeugführung nicht mehr vollständig funktionsfähig ist und dass er die Fahrzeugsteuerung selbst übernehmen muss. Da der Fahrer hierauf aber regelmäßig nicht vorbereitet sein wird,  
10 dauert es üblicherweise einige Sekunden, bis der Fahrer die Verkehrslage überprüft und die Fahrzeugführung übernimmt. In dieser Zeit führt das System 10 das Fahrzeug eingeschränkt weiter, wodurch vermieden wird, dass das Fahrzeug führungslos weiterfährt und einen Unfall verursacht. Dies geschieht insbesondere  
15 mittels derjenigen Komponenten, welche nicht ausgefallen sind. Wenn also beispielsweise die Komponenten der ersten Menge 100 ausfallen, übernehmen die Komponenten der zweiten Menge 200 die Fahrzeugsteuerung. Wenn hingegen die Komponenten der zweiten Menge 200 ausfallen, übernehmen die  
20 Komponenten der ersten Menge 100 die Fahrzeugsteuerung. Details hierzu werden nachfolgend beschrieben.

Alle Komponenten beider Mengen 100, 200 sind über ein nicht gezeigtes CAN-Feldbussystem so miteinander verbunden, dass sie  
25 miteinander Daten austauschen können. Derartige Feldbussysteme sind an sich bekannt, weshalb hierauf nicht näher eingegangen wird.

Das System 10 weist ein erstes Bordnetz 102 sowie ein zweites  
30 Bordnetz 202 auf. Die Komponenten der ersten Menge 100 sind an dem ersten Bordnetz 102 angeschlossen und die Komponenten der zweiten Menge 200 sind an dem zweiten Bordnetz 202 angeschlossen. Die Bordnetze 102, 202 dienen der Stromversorgung der Komponenten der Mengen 100, 200.

Das erste Bordnetz 102 weist eine erste Stromversorgungseinheit 104 auf, welche die Komponenten der ersten Menge 100 mit Strom versorgt. Das erste Bordnetz 102 weist ferner eine erste Batterie 106 auf. Die erste Batterie 106 ist dazu ausgebildet, die Komponenten der ersten Menge 100 mit Strom zu versorgen, falls die erste Stromversorgungseinheit 106 ausfallen sollte.

Das zweite Bordnetz weist eine zweite Stromversorgungseinheit 204 auf, welche die Komponenten der zweiten Menge 200 mit Strom versorgt. Das zweite Bordnetz 202 weist ferner eine zweite Batterie 206 auf. Die zweite Batterie 206 ist dazu ausgebildet, die Komponenten der zweiten Menge 200 mit Strom zu versorgen, falls die zweite Stromversorgungseinheit 206 ausfallen sollte.

Durch die beschriebene Ausführung mit den beiden Stromversorgungseinheiten 104, 204 und den beiden Batterien 106, 206 wird die Ausfallsicherheit des Systems 10 schon deutlich erhöht, da selbst bei einem Ausfall einer jeweiligen Stromversorgungseinheit 104, 204, beispielsweise aufgrund eines internen Defekts, die jeweilige Batterie 106, 206 zumindest für eine begrenzte Zeit die Stromversorgung übernehmen kann.

Um die Ausfallsicherheit des Systems 10 noch weiter zu erhöhen, weist dieses ferner ein Batteriemanagementsystem 90 auf. Dieses ist mit beiden Bordnetzen 102, 202 und mit beiden Batterien 106, 206 verbunden. Im Fall eines Ausfalls sowohl der ersten Stromversorgungseinheit 104 wie auch der ersten Batterie 106 sorgt das Batteriemanagementsystem 90 dafür, dass die Stromversorgung des ersten Bordnetzes 102 durch die zweite Batterie 206 erfolgt. Im Fall eines Ausfalls sowohl der zweiten Stromversorgungseinheit 204 wie auch der zweiten Batterie 206 sorgt das Batteriemanagementsystem 90 dafür, dass die Strom-

versorgung des zweiten Bordnetzes 202 durch die erste Batterie 106 erfolgt.

Für den Fall, dass auch die durch das Batteriemanagementsystem 90 bereitgestellte Sicherheitsfunktionalität versagen sollte, sind weitere Sicherheitsfunktionalitäten implementiert, auf welche weiter unten näher eingegangen wird.

Die Vorrichtung 110 zur Trajektorienplanung und die Vorrichtung 130 zur Ermittlung von Eingangsparametern für Aktoren sind in an sich bekannter Weise als elektronische Recheneinheiten ausgeführt. Die Vorrichtung 130 zur Ermittlung von Eingangsparametern für Aktoren kann auch als Motion-Control bezeichnet werden.

Die Vorrichtung 120 zur groben Lokalisierung ist in an sich bekannter Weise als elektronische Recheneinheit ausgebildet und weist insbesondere ein Satellitennavigationsmodul auf, welche unter Verwendung von Satellitensignalen die Position des Fahrzeugs berechnen kann. Des Weiteren erhält sie auch von den weiter unten beschriebenen Fahrdynamiksensoren 270 Informationen, mittels welchen die Positionsberechnung weiter verfeinert werden kann.

Bei den Aktoren 140 handelt es sich vorliegend um Lenkung, Motorsteuerung und Bremse. Damit ist es möglich, alle wichtigen Fahrparameter wie Kurs und Geschwindigkeit des Fahrzeugs zu kontrollieren. Die Aktoren 140 erhalten ihre Anweisungen von der Vorrichtung 130 zur Ermittlung von Eingangsparametern für Aktoren, welche eben diese Anweisungen laufend berechnet.

Die Kamera 150 blickt in Fahrtrichtung auf die Fahrspur und erfasst Landmarken wie Verkehrszeichen, Fahrbahnbegrenzungen und andere zur Feststellung der Position des Fahrzeugs hilfreiche

Objekte. Die Kamera 150 ist insbesondere dazu ausgebildet, Eingangsdaten für eine Lokalisierungsfunktion aus aufgenommenen Bildern zu ermitteln. Hierzu ist die Kamera dazu ausgebildet, eine visuelle Odometrie durchzuführen, also anhand der aufgenommenen Bilder auf die Bewegung des Fahrzeugs zu schließen. Dabei können auch Dynamikdaten ermittelt werden. Die daraus gewonnenen Informationen werden an die Vorrichtung 120 zur groben Lokalisierung geliefert, welche die Informationen zur Verbesserung der Lokalisierung verwenden kann. Im Fall eines Ausfalls des in der Vorrichtung 120 zur groben Lokalisierung enthaltenen Satellitennavigationsmoduls oder anderer für die Positionsbestimmung wichtiger Komponenten kann die Vorrichtung 120 zur groben Lokalisierung die Position des Fahrzeugs auch ausschließlich basierend auf den von der Kamera 150 erhaltenen Informationen berechnen. Ergänzend können Kartendaten hinzugezogen werden.

Bei den weiteren Umfeldsensoren 160 handelt es sich vorliegend um Radargeräte, Ultraschallsensoren, Temperatursensoren und Regensensoren. Diese liefern Informationen über den Abstand anderer Fahrzeuge, über das Wetter und über den Straßenzustand an das CAN-Feldbussystem und damit an die anderen Komponenten.

Die Antennenschnittstelle 210 ist dazu ausgebildet, Funksignale zu empfangen und an das Kommunikationsmodul 250 weiterzuleiten sowie Funksignale, welche von dem Kommunikationsmodul 250 erzeugt werden, zu verstärken und auszusenden. Die Antennenschnittstelle 210 weist hierzu einen Sende- und Empfangsverstärker auf, welcher mit einer Fahrzeugaußenantenne verbunden ist.

Die Vorrichtung 220 zur spurgenauen Positionierung ist in an sich bekannter Weise als elektronische Recheneinheit ausgebildet und weist ein weiteres Satellitennavigationsmodul auf, um unabhängig

von der Vorrichtung 120 zur groben Lokalisierung die Position des Fahrzeugs zu ermitteln. Die Vorrichtung 220 zur spurgenauen Positionierung empfängt des Weiteren Bilder von der Kamera 150 und wertet diese daraufhin aus, ob sie Landmarken wie Verkehrszeichen oder Straßenbegrenzungen enthalten. Wenn derartige Landmarken erkannt werden, so benutzt die Vorrichtung 220 zur spurgenauen Positionierung diese zur Verbesserung der Genauigkeit der Positionsbestimmung. Hierzu weist die Vorrichtung auch eine Datenbank von Landmarken auf. Außerdem empfängt die Vorrichtung 220 zur spurgenauen Positionierung auch Daten der weiter unten näher beschriebenen Fahrdynamiksensoren 270, um mittels Odometrie die Positionierung weiter zu verbessern.

Bei der weiteren Vorrichtung 230 zur Ermittlung von Eingangsparametern für Aktoren und den weiteren Aktoren 240 handelt es sich um Einheiten, welche äquivalent zu der Vorrichtung 130 zur Ermittlung von Eingangsparametern für Aktoren und zu den Aktoren 140 ausgeführt sind. Die weitere Vorrichtung 230 zur Ermittlung von Eingangsparametern für Aktoren und die weiteren Aktoren 240 sind insbesondere dafür vorgesehen, die Funktionen der Vorrichtung 130 zur Ermittlung von Eingangsparametern für Aktoren bzw. der Aktoren 140 zu übernehmen, wenn diese ausfallen sollten. Die weitere Vorrichtung 230 zur Ermittlung von Eingangsparametern für Aktoren kann somit auch als Backup-Motion-Control bezeichnet werden. Ebenso können die weiteren Aktoren 240 als Backup-Aktoren bezeichnet werden.

Das Fahrzeug-zu-X-Kommunikationsmodul 250 ist dazu ausgebildet, über die Antennenschnittstelle 210 und die daran angeschlossene Fahrzeugaußenantenne eine Kommunikation mit anderen Fahrzeugen und mit Infrastruktureinrichtungen zu unterhalten. Das Kommunikationsmodul 250 sendet laufend Signale aus, welche Informationen wie die aktuelle Position des Fahrzeugs, seine Geschwindigkeit und etwaige Spurwechselabsichten beinhalten.

Ebenso empfängt das Kommunikationsmodul 250 laufend Signale von anderen Fahrzeugen und von Infrastruktureinrichtungen beispielsweise über Positionen, Geschwindigkeiten und Ereignisse anderer Fahrzeuge, über die Verkehrslage oder über Verkehrsregeln wie Geschwindigkeitsbegrenzungen. Diese Informationen werden den anderen Komponenten des Systems 10 zugänglich gemacht.

Die Umfeldsensoren 260 der zweiten Menge 200 weisen vorliegend eine Kamera und ein Radargerät auf. Diese sind zusätzlich zu der Kamera 150 und den Umfeldsensoren 160 der ersten Menge 100 vorhanden und dienen dazu, der zweiten Menge 200 von Komponenten zumindest eine gewisse Fähigkeit zur Wahrnehmung der Umgebung zu geben, damit bei einem Ausfall der Komponenten der ersten Menge 100 Positionierung und Fahrzeugführung verbessert werden können.

Die Fahrdynamiksensoren 270 weisen vorliegend eine Anzahl von Drehzahlsensoren, einen Lenkwinkelsensor, einen Lenkradwinkelsensor und einen Beschleunigungssensor auf. Damit kann der Fahrzustand des Fahrzeugs umfassend erfasst und in Fahrdynamikdaten abgebildet werden, wobei diese Fahrdynamikdaten insbesondere der Vorrichtung 220 zur spurgenaue Positionierung zugeführt werden.

Wenn eines der beiden Bordnetze 102, 202 ausfällt, so fallen auch die Komponenten der jeweiligen Menge 100, 200, welche an dem Bordnetz angeschlossen sind, aus. In diesem Fall können die Komponenten der anderen der beiden Mengen 100, 200 die Steuerung des Fahrzeugs mit eingeschränkter Funktionalität übernehmen, wie bereits weiter oben beschrieben wurde. Die Genauigkeit dieser Steuerung genügt jedoch nur für einen Zeitraum von einigen Sekunden. Aus diesem Grund wird der Fahrer bei Ausfall eines Bordnetzes 102, 202 oder auch bei Ausfall einer für die Steuerung wesentlichen Komponente sofort akustisch und optisch dazu aufgefordert, die Steuerung des Fahrzeugs zu übernehmen. Wenn der

Fahrer reagiert und die Steuerung aktiv übernimmt, so wird die autonome Fahrzeugsteuerung abgeschaltet. Sollte der Fahrer jedoch nicht reagieren, so wird das Fahrzeug von den funktionierend bleibenden Komponenten in einen sicheren Zustand überführt. Dies bedeutet vorliegend, dass das Fahrzeug abgebremst und auf einem Seitenstreifen zum Stehen gebracht wird.

Während des korrekten Betriebs, also wenn insbesondere beide Bordnetze 102, 202 funktionieren und auch die daran angeschlossenen Komponenten der ersten und zweiten Mengen 100, 200 funktionieren, übermitteln Komponenten der zweiten Menge 200 laufend Daten an Komponenten der ersten Menge 100, und zwar an die Vorrichtung 110 zur Trajektorienplanung und an die Vorrichtung 120 zur groben Lokalisierung.

Bei den übermittelten Daten handelt es sich insbesondere um eine von der Vorrichtung 220 zur spurgenauen Positionierung ermittelte Fahrzeugposition in dem globalen Referenzsystem WGS 84 sowie um Informationen aus der Fahrzeug-zu-X-Kommunikation über andere Fahrzeuge und Verkehrsregeln. Des Weiteren werden auch die weiter oben bereits beschriebenen Fahrdynamikdaten übermittelt.

Alle Daten, welche innerhalb des Systems 10 zwischen den Komponenten der beiden Mengen 100, 200 übermittelt werden, tragen einen jeweiligen Zeitstempel. Dieser basiert auf einer globalen Zeitreferenz, welche mittels des in der Vorrichtung 220 zur spurgenauen Positionierung enthaltenen Satellitennavigationsmoduls aus Satellitensignalen erhalten wird. Diese Zeitreferenz wird allen Komponenten des Systems 10 zur Verfügung gestellt. Insbesondere werden auch alle Messwerte der im System enthaltenen Sensoren jeweils mit einem Zeitstempel versehen. Damit wird zum einen sichergestellt, dass alle Informationen exakt einer jeweiligen Zeit zugeordnet werden können, was die Erkennung von zeitlichen Verläufen ermöglicht und allgemein eine

Zeitunschärfe verringert. Zum anderen wird damit auch sichergestellt, dass aus dem System 10 stammende Daten mit von außerhalb des Fahrzeugs erhaltenen Daten, insbesondere aus der Fahrzeug-zu-X-Kommunikation, in zeitlicher Hinsicht verglichen werden können. Diese Daten wurden nämlich von den jeweils sendenden Fahrzeugen oder Infrastruktureinrichtungen ebenfalls unter Verwendung der aus Satellitennavigation erhaltenen Zeitreferenz mit einem Zeitstempel versehen.

Sollte das zweite Bordnetz 202 ausfallen oder sollten Komponenten der zweiten Menge 200 anderweitig ausfallen, so dass die oben beschriebenen Daten nicht mehr länger an die Vorrichtung 110 zur Trajektorienplanung und die Vorrichtung 120 zur groben Lokalisierung gesendet werden können, so ist die Vorrichtung 110 zur Trajektorienplanung dazu ausgebildet, zumindest für einen Zeitraum von etwa 10 s die Trajektorienplanung mit einer Genauigkeit fortzuführen, welche ausreicht, um eine sichere Weiterfahrt des Fahrzeugs zu gewährleisten. Innerhalb dieser Zeit sollte der Fahrer die Steuerung übernommen haben.

Die von der Vorrichtung 110 zur Trajektorienplanung laufend durchgeführte Trajektorienplanung wird kontinuierlich an die Recheneinheit 280 übergeben. Die Recheneinheit 280 ist somit dazu in der Lage, bei Ausfall des ersten Bordnetzes 102 oder von Komponenten der ersten Menge 100 auf eine bereits erfolgte Trajektorienplanung aus der ersten Menge 100 zurückzugreifen und damit die Fahrzeugsteuerung zu übernehmen. Die Trajektorienplanung kann in der Recheneinheit 280 fortgeführt werden, und zwar insbesondere unter Verwendung von Daten aus der Fahrzeug-zu-X-Kommunikation, deren Funktionalität nicht von dem ersten Bordnetz 102 abhängt. Ereignisse wie beispielsweise das Einscheren eines anderen Fahrzeugs in die berechnete Trajektorie können auf diese Weise berücksichtigt werden.

Wenn zumindest eine Komponente des Systems 10 ausfällt und die Funktionalität des Systems 10 zum autonomen Führen des Fahrzeugs somit eingeschränkt ist, so sendet das Kommunikationsmodul 250 eine Nachricht über die Antennenschnittstelle 210 aus, mittels  
5 welcher andere Fahrzeuge darauf hingewiesen werden, dass sich das Fahrzeug in einem Notbetrieb befindet. Damit können sich diese darauf vorbereiten, dass sich das Fahrzeug eventuell nicht mehr wie erwartet verhalten wird und entsprechende Vorsorgemaßnahmen treffen, um einen Unfall zu vermeiden. Beispielsweise können  
10 andere Fahrzeuge ihre Geschwindigkeit verringern und einen größeren Abstand einhalten.

Manche Daten, welche zwischen den Komponenten des Systems 10 ausgetauscht werden, weisen ein Integritätsmaß auf. Dieses zeigt  
15 die Güte der Daten an. Beispielsweise kann ein Sensor, welcher anhand von Messwerten Daten erzeugt, das Integritätsmaß anhand seiner Messgenauigkeit ermitteln. Andere Komponenten können dann abschätzen, wie genau die von diesem Sensor gelieferten Daten  
sind.

20 Die Recheneinheit 280 ist ferner dazu ausgebildet, die weiter oben bereits erwähnten Fahrdynamikdaten, Daten aus Satellitennavigation, Kameradaten sowie Kartendaten zu fusionieren und die dadurch erhaltene fusionierte Information den anderen  
25 Komponenten zur Verfügung zu stellen. Dies ermöglicht eine Verringerung der benötigten Rechenkapazität in anderen Komponenten.

Figur 2 zeigt schematisch ein Kraftfahrzeug 5 mit einem System  
30 10, welches wie eben beschrieben ausgebildet ist. Das Fahrzeug 5 weist ferner eine Stromversorgungseinrichtung 8 mit einer Lichtmaschine und einer Fahrzeugbatterie auf, welche das System 10 mit elektrischer Energie versorgen. Dies ermöglicht eine

autonome Steuerung des Fahrzeugs 5 in eben beschriebener Art und Weise.

Nachfolgend erfolgt eine weitere Beschreibung von Merkmalen, welche für die Erfindung relevant sein können. Es sei verstanden, dass einzelne Merkmale in dieser Beschreibung Merkmalen der vorherigen Beschreibung anhand ihrer Funktionalität oder anhand anderer Kriterien zugeordnet werden können, aber nicht müssen. Alle nachfolgend beschriebenen Merkmale sind mit allen weiter oben beschriebenen Merkmalen in beliebigen Kombinationen und Unterkombinationen kombinierbar. Die Offenbarung dieser Anmeldung umfasst insbesondere auch jegliche Auswahl, Kombinationen oder Unterkombinationen von weiter oben beschriebenen Merkmalen, wobei eines oder mehrere der nachfolgend beschriebenen Merkmale explizit vom Schutz ausgenommen werden. Die nachfolgenden Ausführungen können beispielsweise auch als eigenständige Beschreibung einer Erfindung oder als Spezifizierung der bereits weiter oben beschriebenen Erfindung verstanden werden.

Im Stand der Technik sind bereits Fahrzeug-zu-X-Kommunikationssysteme (C2X-Systeme) bekannt, die sowohl zur Übertragung verkehrsbezogener Daten als auch verschiedener Service-Daten, wie etwa Unterhaltungsanwendungen, ausgebildet sind. Die Fahrzeug-zu-X-Kommunikation basiert dabei sowohl auf dem Datenaustausch zwischen Fahrzeugen untereinander (Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation) als auch auf dem Datenaustausch zwischen Fahrzeugen und Infrastruktureinrichtungen (Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation). Dieser Datenaustausch kann dabei z.B. auf dem WLAN-Standard IEEE 802.11p basieren, welcher sich gegenwärtig in der Vorentwicklung befindet. Ebenso sind verschiedenartige Umfelderfassungssysteme bekannt, die mittels unterschiedlicher Umfeldsensorik, wie etwa Kamera-, Radar-, Lidar-, Ultraschall- und Temperatursensorik eine

Fahrzeugumgebung erfassen. Weiterhin ist es bekannt, Fahrzeug-zu-X-Kommunikationssysteme und Umfelderkennungssysteme zu kombinieren, um eine möglichst vollständige Modellierung der Fahrzeugumgebung zu erstellen und somit eine autonome Fahrzeugführung zu ermöglichen.

Es besteht jedoch noch ein Bedarf nach Sicherheitskonzepten zur autonomen Fahrzeugführung, da bei einem teilweisen oder vollständigen Systemausfall das sichere autonome Führen eines Fahrzeugs in der Regel nicht mehr gewährleistet ist.

Daher wird vorgeschlagen, dass ein erster Teil der zum autonomen Fahren notwendigen Systeme an ein erstes Fahrzeugbordnetz angeschlossen ist und ein zweiter Teil der zum autonomen Fahren notwendigen Systeme an ein zweites Fahrzeugbordnetz angeschlossen ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform werden im Normalbetrieb die Umfeldsensoren, die Trajektorienplanung, einfache Lokalisierung, die Motion-Control und die Aktoren (Lenkung, Motorsteuerung und Bremse) durch das erste Bordnetz versorgt. Aufgrund der Einbindung der Umfeldsensoren wird dieser Teil „Sehender-Pfad“ genannt.

An das zweite Bordnetzsystem wird bevorzugt die Antennenschnittstelle, die spurgegenaue Positionier- und Lokalisierungseinheit, das C2X-System, der Backup-Motion-Control und die Backup-Aktorik (Backup-Lenkung, -Bremse) wie auch die Motorsteuerung angeschlossen. Aufgrund der Antennenanbindung wird dieser Teil auch „Hörender-Pfad“ genannt.

Im „Normalbetrieb“ wird der „Sehende Pfad“ vorzugsweise durch Daten aus dem „Hörenden Pfad“ gespeist, d.h. die Daten des „sehenden Pfads“ werden durch Daten des „hörenden Pfads“ ergänzt.

Diese Daten des „hörenden Pfads“ beinhalten beispielsweise einige, mehrere oder alle der folgenden Informationen:

- 5           - die Position in einem globalen Referenzsystem (z. B. WGS 84),
- die spurgenaue Positionierung in einer digitalen Karte, welche auch mit Informationen aus dem C2X-System (dynamisch sich verändernde Objekte, welche sich auf der Fahrtrajektorie befinden können, dies sind z. B. liegengebliebene Fahrzeuge, Bau-
- 10           stellen, Sondereinsatzfahrzeuge, Stauende, Verkehrszeicheninformationen, etc. aber auch Fahrdynamikdaten der vorrausfahrenden, herannahenden oder nebenherfahrenden Fahrzeuge, mit denen stabile Kolonnenfahrt ermöglicht werden könnte, Informationen über Spurwechselabsicht anderer vorrausfahrenden, herannahenden oder nebenher fahrenden Fahrzeugen, welche die eigene Fahrspur betreffen) angereichert ist,
- 15           - die Fahrdynamikdaten (z. B. bis zu 3D-Drehrate, 3D-Beschleunigung, Lenkwinkel, Raddrehzahl, Speed-over-Ground, Schwimmwinkel, etc.) und
- 20           - eine globale Zeitinformation.
- 25   Alle übergebenen Informationen beinhalten vorzugsweise einen Zeitstempel, welcher die genaue Zeitangabe enthält, wann die Information erfasst wurde.

Mit der übergebenden Position wird bevorzugt ständig die einfache

30   Lokalisierung im „Sehenden-Pfad“ kalibriert und somit eine spurgenaue Positionierung bei der Trajektorienplanung ermöglicht.

Auch wird bevorzugt durch die Eigen-Lokalisierung die gefahrene Ist-Trajektorie ermittelt und daraus besonders bevorzugt eine Optimierung der Aktor-Ansteuerung durch den Motion-Control durchgeführt. Somit entsteht eine geschlossene Regelschleife aus  
5 Aktoransteuerung und daraus resultierender Positionsveränderung.

Ebenso werden aus dem „Hörenden-Pfad“ bevorzugt Zeitinformationen an die Umfeldsensoren übergeben, so dass die Messungen  
10 ebenfalls so früh wie möglich mit einem Zeitstempel versehen werden.

Bei einer Fusion der eingehenden Daten dient der Zeitstempel bevorzugt einer zeitlichen Zuordnung der Daten und dadurch der  
15 Reduzierung der Zeitunschärfe der in der Fusion generierten Information.

Alle Daten sind so ausgelegt, dass diese bei einem Ausfall des „Hörenden-Pfades“ bis zur Übernahme des Fahrers (z. B. 5-10sec  
20 nach Ausfall) eine Trajektorienplanung ermöglicht.

Bei dem Ausfall wird das Fahrzeug bevorzugt schnellst möglich automatisch in einen „sicheren Zustand“ gebracht, d.h. die Geschwindigkeit wird reduziert bzw. eine sichere Position am  
25 Straßenrand angesteuert bzw. der Fahrer wird durch optische, akustische bzw. haptische Signale ermahnt, die Führung des Fahrzeuges zu übernehmen, etc., möglichst ohne dass andere Verkehrsteilnehmer Gefahr laufen, eine Kollision mit dem Fahrzeug oder anderen Verkehrsteilnehmern zu verursachen.

Da in diesem Fall die Umfeldsensoren weiterhin funktionsfähig sind, ist der Ausfall des „Hörenden\_Pfades“ weniger gravierend,  
30 als der Ausfall des „Sehenden-Pfades“.

Bei einem Ausfall des „Sehenden-Pfades“ greift der „Hörende Pfad“ bevorzugt auf eine ausreichend weit vorrausschauende Trajektorienplanung aus dem „Sehenden-Pfad“ zurück, welche im „Normalbetrieb“ zuvor ständig an den „Hörenden\_Pfad“ übergeben wurde. Die Länge der Trajektorienplanung ist dabei bevorzugt derart gewählt, dass sie ausreichend ist, um die Fahrzeugführung wieder an den Fahrer zu übergeben oder das Fahrzeug in einen sicheren Zustand zu bringen.

10 Bei einem Ausfall des „Sehenden-Pfades“ wird bevorzugt ein Backup-Motion-Control-Modul mit der Backup-Trajektorie versorgt, welches damit die notwendigen Aktorbewegungen der Backup-Aktoren berechnet. Die Trajektorienkontrolle wird nun bevorzugt direkt von dem Positionier-Modul im „Hörenden-Pfad“  
15 durchgeführt und an den Motion-Control zurückgemeldet, damit dieser seine Ansteuerung optimieren kann.

Ebenso wird die aus dem „Sehend-Pfad“ erhaltene ausreichend vorrausschauende Trajektorienplanung (z. B. 5-10sec) bevorzugt  
20 ständig mit einem Update aus dem C2X-System versorgt, so dass mittels des C2X-Systems erfasste Ereignisse, welche vor dem Ausfall des „Sehenden-Pfades“ nicht bekannt waren, mit berücksichtigt werden können. Damit können z.B. schnelle und kurzfristige Ereignisse, welche zu einer Kollision führen  
25 könnten (wie z. B. ein in die Trajektorie des Fahrzeugs einscheresendes anderes Fahrzeug) mit in die Trajektorienplanung aufgenommen werden.

Ebenso kann der „Notbetrieb“ des Fahrzeugs bevorzugt auch anderen  
30 Fahrzeugen unmittelbar über C2X übermittelt werden, so dass diese z.B. ausreichend Abstand zu dem Fahrzeug einhalten und ein Einscheren in die Trajektorie des Fahrzeuges vermeiden können.

Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass ein Teil der Umfeldsensoren, insbesondere die Erweiterungen für das autonome Fahren, mit in das zweite Bordnetz integriert wird, so dass

- 5 a. Die Implementierung des erfindungsgemäßen Sicherheitskonzepts beim automatisierten Fahren gleichzeitig die Konfiguration des Fahrzeuges skalierbar macht und
- b. beim Ausfall des „Sehenden-Pfades“ der „Hörende-Pfad“ ebenso ein Minimum an „Sehfähigkeit“ besitzt und damit die Back-Up Trajektorienplanung weiter absichern kann, falls plötzliche
- 10 Ereignisse eintreten. Damit können mittels des C2X-Systems erfasste Ereignisse bevorzugt plausibilisiert werden, oder bevorzugt nicht zur C2X-Kommunikation befähigte Verkehrsteilnehmer erkannt werden.

- 15 Eine weitere Ausführung sieht vor, dass das erste Bordnetz über ein Batteriemanagement-System das zweite Bordnetz mit Energie versorgt, falls die Energiequelle des zweiten Bordnetzes ausfällt.

- 20 Das gleiche tritt bevorzugt umgekehrt auch ein, wenn die Energieversorgung des ersten Bordnetzes ausfällt.

- In allen Fällen funktioniert das Sicherheitskonzept auch dann, wenn nur einzelne Funktionen aus einem der Bordnetz-Systeme
- 25 ausfallen. In diesem Fall übernimmt dann bevorzugt die entsprechende Haupt-Funktion oder aber die Backup-Funktion in dem nicht betroffenen Bordnetz die ausgefallene Funktion.

- Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Sicherheitskonzept nicht nur
- 30 beim autonomen Fahren angewandt sondern auch bei autonomen Assistenzfunktionen (wie z. B. Baustellenassistent, Kolonnenfahrt auf Autobahnen etc.).

Die Erfindung weist somit einen Weg auf, bei einem Ausfall eines der beiden Bordnetze die autonome Fahrzeugführung zumindest bis zur sicheren Übernahme der Fahrzeugführung durch den Fahrer eine Gefährdung des Umgebungsverkehrs auszuschließen.

5

Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den nachfolgenden Ausführungen sowie den weiter angefügten Figuren.

Es zeigen

10

Fig. 3 einen beispielhaften ersten Aufbau einer Funktionsarchitektur eines Systems,

Fig. 4 einen beispielhaften ersten Aufbau einer Hardwarearchitektur eines Systems,

15 Fig. 5 einen beispielhaften zweiten Aufbau einer Hardwarearchitektur eines Systems,

Fig. 6 einen beispielhaften dritten Aufbau einer Hardwarearchitektur eines Systems, und

Fig. 7 einen beispielhaften vierten Aufbau einer Hardwarearchitektur eines Systems.

20

Zu den Figuren seien folgende Erläuterungen gegeben:

IDC = integrated drive control

SDC = safety domain control

25 BDC = backup drive control

Das BDC kann insbesondere die Funktion des IDC übernehmen, falls dieses ausfallen sollte.

30 Gemäß einem weiteren, nicht zwangsläufig dargestellten Ausführungsbeispiel ist der „sehende Pfad“ an das primäre Bordnetz angeschlossen und umfasst Sensoren zum

- generieren statischer Landmarken und dynamischer Objekte (Daraus wird der befahrbare Raum berechnet),

- identifizieren von Verkehrsregeln,
- versorgen des Backup-Systems mit Landmarken und Geschwindigkeit, um die Lokalisierung zu optimieren (z.B. offset drift von dead reckoning, spurgenaue  
5 Positionierung in die Karte anhand von Landmarken).

Im IDC werden dabei beispielsweise die Bahntrajektorien berechnet durch Fusion aus

- einer vorrausschauenden Karte, welche spurgenaue  
10 Positionen und mittels des C2X-Systems erfasste Ereignisse enthält und min. für 5sec. Fahrt Kartendaten enthält,
- von den Sensoren erfassten, dynamischen Objekten, die den befahrbaren Raum eingrenzen,
- 15 - der Verkehrsregelfusion.

Im IDC wird weiterhin die einfache Lokalisierung mit der spurgenaue Lokalisierung aus dem Backup-System laufend kalibriert.

20

Gemäß einem weiteren, nicht zwangsläufig dargestellten Ausführungsbeispiel ist der „hörende Pfad“ an das Backup-Bordnetz angeschlossen und umfasst ein Antennen-Modul, mittels dessen

- Kartendaten empfangen werden und Kartenkorrekturen an  
25 das Backend gesendet werden,
- mittels des C2X-Systems erfasste Ereignisse empfangen werden und sog. Ego-C2X-Informationen gesendet werden.

30 Im SDC wird dabei beispielsweise die spurgenaue Position in der Karte berechnet, durch Fusion aus

- genauer Karte,
- GNSS-Lokalisierung mit dead reckoning, inkl. Geschwindigkeitsinformation aus den Sensoren,

- Landmarken aus den Sensoren und
- mittels des C2X-Systems erfassten Ereignissen im relevanten Umfeld.

5 Gemäß einem weiteren, nicht zwangsläufig dargestellten Ausführungsbeispiel übernimmt der „sehende Pfad“ bei Ausfall des „hörenden Pfads“ die folgenden Funktionen:

- Die Bahnführung über die Sensoren und mit den bereits ins IDC übergebenen Kartendaten, bis der Fahrer nach  
10 5 sec. übernommen hat,
- Überwachung der Positionsveränderung mittels differenzieller Lokalisierung mit präzisiertem Startwert (aus Backupsystem).

15 Nachfolgend soll noch eine systematische Aufzählung einiger Aspekte erfolgen. Es handelt sich dabei nicht um die Patentansprüche dieser Anmeldung, es sei jedoch verstanden, dass die nachfolgende Aufzählung als Patentansprüche verwendet werden können.

20

1. System zu autonomen Fahrzeugführung,  
umfassend Umfeldsensorik und Fahrzeug-zu-X-Kommunikationsmittel,  
wobei die Umfeldsensorik und die Fahrzeug-zu-X-Kommunikationsmittel jeweils dazu ausgebildet  
25 sind, Informationen über eine Fahrzeugumgebung zu erfassen, wobei das System dazu ausgebildet ist, anhand der erfassten Informationen ein Fahrzeug autonom zu führen, dadurch gekennzeichnet,  
30 dass Bestandteile des Systems derart an zwei voneinander unabhängige Bordnetze angebunden sind, dass das Fahrzeug bei Ausfall eines Bordnetzes in einen sicheren Zustand überführbar ist.

2. System nach 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Trajektorienplanung, eine einfache Lokalisierung,  
eine Motion-Control und Aktoren (Lenkung, Motorsteuerung und  
5 Bremse) an ein erstes Bordnetz angebunden sind.
3. System nach mindestens 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass wird bevorzugt die Antennenschnittstelle, eine  
10 spurgenaue Positionier- und Lokalisierungseinheit, Fahr-  
zeug-zu-X-Kommunikationsmittel, ein Backup-Motion-Control,  
eine Backup-Aktorik (Backup-Lenkung, -Bremse) und eine  
Motorsteuerung an ein zweites Bordnetz angeschlossen sind.
- 15 4. System nach mindestens einem von 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Umfeldsensorik ebenfalls an das erste Bordnetz  
angeschlossen ist.
- 20 5. System nach mindestens einem von 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das System dazu ausgebildet ist, jeweils erfasste Daten  
zwischen den Bordnetzen auszutauschen.
- 25 6. System nach mindestens einem von 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das System dazu ausgebildet ist, das Fahrzeug bei  
Ausfall eines Bordnetzes noch für einen kurzen Zeitraum,  
insbesondere 5 bis 10 s, mittels der zuvor zwischen den  
30 Bordnetzen ausgetauschten Informationen autonom weiter-  
zuführen.
7. System nach mindestens einem von 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,

dass das System in ein Kraftfahrzeug integriert ist.

8. System nach mindestens einem von 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,

5 dass die Umfeldsensoren Kamerasensorik und/oder  
Radarsensorik und/oder Lidarsensorik und/oder  
Ultraschallsensorik und/oder Temperatursensorik und/oder  
Regensensorik und/oder Straßenzustandssensorik umfassen.

10 9. System nach mindestens einem von 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der sichere Zustand eine Übergabe der Fahrzeugführung  
an einen Fahrer oder ein Abstellen des Fahrzeugs auf einem  
hierfür vorgesehenen Platz ist.

15

Die zur Anmeldung gehörigen Ansprüche stellen keinen Verzicht auf  
die Erzielung weitergehenden Schutzes dar.

20 Sofern sich im Laufe der Verfahrens herausstellt, dass ein Merkmal  
oder eine Gruppe von Merkmalen nicht zwingend nötig ist, so wird  
anmelderseitig bereits jetzt eine Formulierung zumindest eines  
unabhängigen Anspruchs angestrebt, welcher das Merkmal oder die  
Gruppe von Merkmalen nicht mehr aufweist. Hierbei kann es sich  
25 beispielsweise um eine Unterkombination eines am Anmeldetag  
vorliegenden Anspruchs oder um eine durch weitere Merkmale ein-  
geschränkte Unterkombination eines am Anmeldetag vorliegenden  
Anspruchs handeln. Derartige neu zu formulierende Ansprüche oder  
Merkmalskombinationen sind als von der Offenbarung dieser Anmeldung  
30 mit abgedeckt zu verstehen.

Es sei ferner darauf hingewiesen, dass Ausgestaltungen, Merkmale  
und Varianten der Erfindung, welche in den verschiedenen Aus-  
führungen oder Ausführungsbeispielen beschriebenen und/oder in den  
35 Figuren gezeigt sind, beliebig untereinander kombinierbar sind.

Einzelne oder mehrere Merkmale sind beliebig gegeneinander austauschbar. Hieraus entstehende Merkmalskombinationen sind als von der Offenbarung dieser Anmeldung mit abgedeckt zu verstehen.

- 5 Rückbezüge in abhängigen Ansprüchen sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen. Diese Merkmale können auch beliebig mit anderen Merkmalen kombiniert werden.

10

Merkmale, die lediglich in der Beschreibung offenbart sind oder Merkmale, welche in der Beschreibung oder in einem Anspruch nur in Verbindung mit anderen Merkmalen offenbart sind, können grundsätzlich von eigenständiger erfindungswesentlicher Bedeutung sein.

15

Sie können deshalb auch einzeln zur Abgrenzung vom Stand der Technik in Ansprüche aufgenommen werden.

20

Hinsichtlich der nachfolgenden Patentansprüche sei angemerkt, dass zum Zweck einer besseren Lesbarkeit auf die Aufzählung von Bezugszeichen insbesondere bei dem Begriff „Komponenten“ zumindest teilweise verzichtet wurde.

**Patentansprüche**

1. System (10) zur autonomen Fahrzeugführung, aufweisend
- eine Mehrzahl von elektrischen und/oder elektronischen  
5 Komponenten,
  - wobei die Komponenten dazu ausgebildet sind, zusammen-  
wirkend eine autonome Fahrzeugführung durchzuführen,  
dadurch gekennzeichnet, dass
  - jede der Komponenten einer ersten Menge (100) von Kom-  
10 ponenten oder einer zweiten Menge (200) von Komponenten  
zugeordnet ist,
  - wobei die Komponenten der ersten Menge (100) dazu aus-  
gebildet sind, eine zumindest eingeschränkte und/oder  
zeitlich begrenzte autonome Fahrzeugführung auch bei  
15 Ausfall der Komponenten der zweiten Menge (200) durch-  
zuführen, und
  - wobei die Komponenten der zweiten Menge (200) dazu aus-  
gebildet sind, eine zumindest eingeschränkte und/oder  
zeitlich begrenzte autonome Fahrzeugführung auch bei  
20 Ausfall der Komponenten der ersten Menge (100) durchzu-  
führen.
2. System (10) nach Anspruch 1,
- dadurch gekennzeichnet, dass
- 25 - das System (10) ein erstes Bordnetz (102) und ein zweites  
Bordnetz (202) aufweist,
  - wobei die erste Menge (100) von Komponenten an dem ersten  
Bordnetz (102) angeschlossen ist und die zweite Menge (200)  
von Komponenten an dem zweiten Bordnetz (202) angeschlossen  
30 ist.

3. System (10) nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- die erste Menge (100) von Komponenten eines oder mehrere der  
folgenden Elemente aufweist:
    - 5 - Vorrichtung (110) zur Trajektorienplanung,
    - Vorrichtung (120) zur groben Lokalisierung, insbe-  
sondere mittels Satellitennavigation und/oder dead  
reckoning,
    - Vorrichtung (130) zur Ermittlung von Eingangspara-  
10 metern für Aktoren (Motion-Control),
    - Aktoren (140), insbesondere Lenkung, Motorsteuerung,  
und/oder Bremse,
    - Umfeldsensoren (150, 160), insbesondere Kameras,  
Radargeräte, Lidargeräte, Ultraschallsensoren,  
15 Temperatursensoren, Regensensoren und/oder Stra-  
ßenzustandssensoren.
4. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 20 - die erste Menge (100) von Komponenten eine Kamera (150) zur  
Ermittlung von Eingangsdaten für eine Lokalisierungs-  
funktion aufweist.
5. System (10) nach Anspruch 4,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass  
es sich bei den Eingangsdaten für die Lokalisierungs-  
funktion um eine oder mehrere der folgenden Informationen  
handelt:
- Visuelle Odometrie (Bewegungsschätzung),
  - 30 - Lokalisierung mittels gleichzeitiger Lokalisierung  
und Abbildung,
  - Schätzung von Nick-, Wank- und/oder Rollrate.
6. System (10) nach Anspruch 4 oder 5,

dadurch gekennzeichnet, dass  
eine Komponente (120) dazu ausgebildet ist, mittels von der  
Kamera gelieferter Bilder oder Daten und bevorzugt auch  
mittels Kartendaten eine absolute Position basierend auf  
visuellen Landmarken zu ermitteln.

7. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass

- die zweite Menge (200) von Komponenten eines oder mehrere  
der folgenden Elemente aufweist:

- Antennenschnittstelle (210), insbesondere für  
Fahrzeug-zu-X-Kommunikation (C2X-Kommunikation),
- Vorrichtung (220) zur spurgenauen Positionierung  
und/oder Lokalisierung, insbesondere mittels Sa-  
tellitennavigation, Odometrie und/oder landmarken-  
basierter Positionierung,
- Fahrzeug-zu-X-Kommunikationsmittel (250)  
(C2X-Kommunikationsmittel),
- weitere Vorrichtung (230) zur Ermittlung von Ein-  
gangsparametern für Aktoren (Backup-Motion-Control),
- weitere Aktoren (240) (Backup-Aktoren), insbesondere  
weitere Lenkung (Backup-Lenkung), weitere Motor-  
steuerung (Backup-Motorsteuerung) und/oder weitere  
Bremse (Backup-Bremse).

8. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die zweite Menge (200) eine Anzahl von Umfeldsensoren (260),  
insbesondere Kameras, Radargeräte, Lidargeräte, Ultra-  
schallsensoren, Temperatursensoren, Regensensoren  
und/oder Straßenzustandssensoren aufweist.

9. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche  
dadurch gekennzeichnet, dass

die zweite Menge (200) eine Anzahl von Fahrdynamiksensoren (270), insbesondere Drehzahlsensoren, Geschwindigkeits-  
sensoren, Lenkwinkelsensoren, Lenkradwinkelsensoren,  
Beschleunigungssensoren und/oder Drehratensensoren auf-  
weist.

10. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das System (10) dazu ausgebildet ist, ein Fahrzeug (5) bei  
Ausfall eines Bordnetzes (102, 202) oder bei Ausfall  
zumindest einer Komponente in einen sicheren Zustand zu  
überführen.

11. System (10) nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der sichere Zustand eine Übergabe der Fahrzeugführung an  
einen Fahrer, eine Verringerung der Geschwindigkeit  
und/oder ein Abstellen des Fahrzeugs (5) auf einem hierfür  
vorgesehenen Platz, beispielsweise einem Seitenstreifen,  
ist.

12. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
zumindest eine Komponente der zweiten Menge (200) dazu  
ausgebildet ist, bei Betrieb beider Bordnetze (102, 202)  
und/oder bei Betrieb aller Komponenten Daten an zumindest  
eine Komponente der ersten Menge (100) zu übermitteln.

13. System (10) nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
es sich bei den von Komponenten der zweiten Menge (200) an  
Komponenten der ersten Menge (100) übermittelten Daten um  
eine oder mehrere der folgenden Informationen handelt:

- Fahrzeugposition in einem globalen Referenzsystem, insbesondere WGS 84,
- spurgenaue Positionierung, beispielsweise zur Verwendung in einer digitaler Karte,
- 5 - Informationen aus einer Fahrzeug-zu-X-Kommunikation, beispielsweise
  - sich dynamisch verändernde Objekte, welche sich auf einer Trajektorie befinden können, wie liegen gebliebene Fahrzeuge, Baustellen, Sonderein-
  - 10 satzfahrzeuge und/oder Stauende,
  - Verkehrszeicheninformationen,
  - Fahrdynamikdaten anderer Fahrzeuge, insbesondere von vorrausfahrenden, herannahenden oder nebenher fahrenden Fahrzeugen, mit welchen
  - 15 stabile Kolonnenfahrt ermöglicht werden kann,
  - Informationen über Spurwechselabsichten anderer Fahrzeuge, insbesondere von vorrausfahrenden, herannahenden oder nebenher fahrenden Fahrzeugen, welche die eigene Fahrspur betreffen,
  - 20 - Fahrdynamikdaten, beispielsweise
    - Drehrate und/oder 3D-Drehrate,
    - Beschleunigung und/oder 3D-Beschleunigung,
    - Lenkwinkel,
    - Raddrehzahl,
    - 25 - Geschwindigkeit über Grund,
    - Schwimmwinkel.

14. System (10) nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass
- 30 einige oder alle der von Komponenten der zweiten Menge (200) an Komponenten der ersten Menge (100) übermittelten Informationen einen jeweiligen Zeitstempel aufweisen, welcher den Zeitpunkt der Informationserfassung angibt.

15. System (10) nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Zeitstempel unter Verwendung einer globalen Zeitin-  
formation, insbesondere eine aus Satellitennavigation  
5 erhaltene Zeitinformation, erzeugt wird.

16. System (10) nach einem der Ansprüche 12 bis 15,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die von Komponenten der zweiten Menge (200) an Komponenten  
10 der ersten Menge (100) übermittelten Daten eine globale  
Zeitinformation, insbesondere eine aus Satellitennavi-  
gation erhaltene Zeitinformation, beinhalten.

17. System (10) nach Anspruch 16,  
15 dadurch gekennzeichnet, dass  
die Zeitinformation an Umfeldsensoren (150, 160, 260)  
übergeben wird und die Umfeldsensoren (150, 160, 260)  
jeweilige Messwerte mit einem auf der Zeitinformation  
basierenden Zeitstempel versehen.

20 18. System (10) nach einem der Ansprüche 12 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
zumindest eine Komponente der ersten Menge (100) dazu  
ausgebildet ist, bei einem Ausfall des zweiten Bordnetzes  
25 (202) oder zumindest einer Komponente der zweiten Menge  
(200) eine Trajektorienplanung mittels der von Komponenten  
der zweiten Menge (200) an Komponenten der ersten Menge  
(100) übermittelten Informationen für einen bestimmten  
Zeitraum, bevorzugt zwischen 5 s und 10 s, durchzuführen.

30 19. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
zumindest eine Komponente (110) der ersten Menge (100) dazu  
ausgebildet ist, bei Betrieb beider Bordnetze (102, 202)

eine Trajektorienplanung kontinuierlich an zumindest eine Komponente der zweiten Menge (200) zu übergeben, wobei zumindest eine Komponente (280) der zweiten Menge (200) dazu ausgebildet ist, bei Ausfall des ersten Bordnetzes (102) oder von Komponenten der ersten Menge (100) unter Verwendung dieser Trajektorienplanung autonomes Fahren für einen bestimmten Zeitraum weiter zu betreiben.

20. System (10) nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ausfall des ersten Bordnetzes (102) die aus einer Komponente (110) der ersten Menge (100) erhaltene Trajektorienplanung unter Verwendung von Daten aus einer Fahrzeug-zu-X-Kommunikation aktualisiert wird.

21. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Komponente (250) oder eine nicht an dem ersten Bordnetz (102) oder dem zweiten Bordnetz (202) angeschlossene Einrichtung dazu ausgebildet ist, bei Ausfall des ersten Bordnetzes (102) und/oder des zweiten Bordnetzes (202) und/oder einzelner Komponenten über Fahrzeug-zu-X-Kommunikationsmittel (210, 250) eine oder mehrere Nachrichten an andere Fahrzeuge und/oder an Infrastruktur abzusenden, wobei die Nachrichten die Information beinhalten, dass sich das Fahrzeug (5) in einem Notbetrieb befindet.

22. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einige oder alle zwischen den Komponenten ausgetauschten Daten und/oder Informationen ein Integritätsmaß aufweisen, welches die Güte der Daten und/oder Informationen anzeigt.

23. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
redundante Lokalisierungsinformationen einer Komponente  
oder mehreren Komponenten zugeführt werden,  
5 und/oder dass  
das System (10) eine zentrale Komponente aufweist, welche  
einen zentral überwachenden Algorithmus ausführt und  
welcher redundante Lokalisierungsinformationen zugeführt  
werden, wobei der Algorithmus dazu ausgelegt ist, eine  
10 autonome Fahrzeugsteuerung oder einzelne Funktionen einer  
autonomen Fahrzeugsteuerung auch dann auszuführen, wenn  
eines der Bordnetze (102, 202) oder zumindest eine Kom-  
ponente ausfällt.
- 15 24. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das System (10) eine oder mehrere Komponenten (120, 220)  
aufweist, um eine Fahrzeugposition auf zweierlei Arten zu  
berechnen, nämlich zum einen basierend zumindest auf  
20 Fahrdynamikdaten und Satellitennavigationsdaten, und zum  
anderen basierend zumindest auf Kameradaten und bevorzugt  
auch auf Kartendaten.
- 25 25. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das System (10) eine oder mehrere Komponenten (280)  
aufweist, um Fahrdynamikdaten, Satellitennavigationsdaten  
und Kameradaten sowie bevorzugt auch Kartendaten zu fu-  
sionieren und als fusionierte Information anderen Kom-  
30 ponenten zur Verfügung zu stellen.
26. System (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass

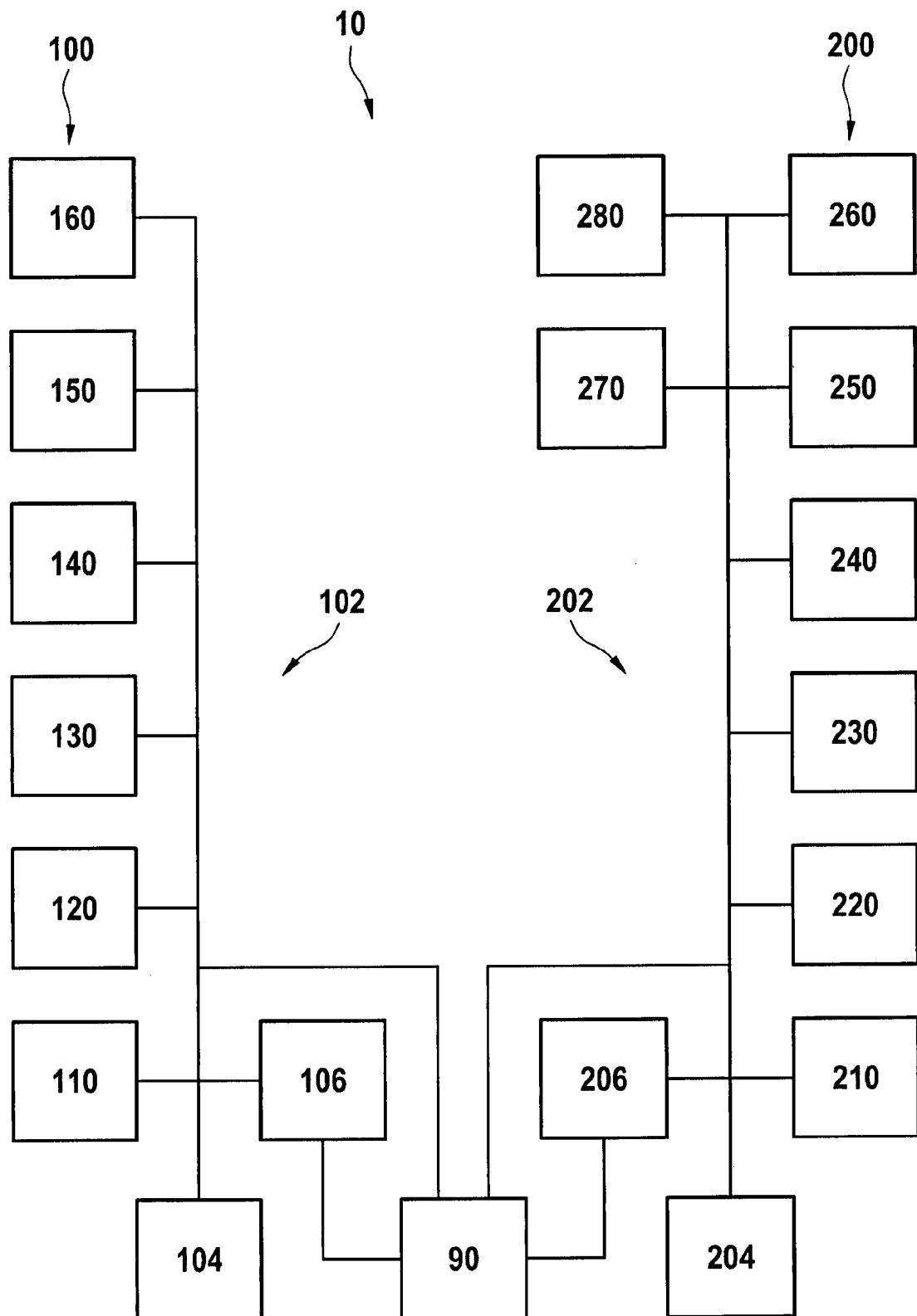
das erste Bordnetz (102) eine erste Stromversorgungseinheit (104) aufweist und das zweite Bordnetz (202) eine zweite Stromversorgungseinheit (204) aufweist,

wobei die erste Stromversorgungseinheit (104) zur Versorgung der an das erste Bordnetz (102) angeschlossenen Komponenten dient und die zweite Stromversorgungseinheit (204) zur Versorgung der an das zweite Bordnetz (202) angeschlossenen Komponenten dient,

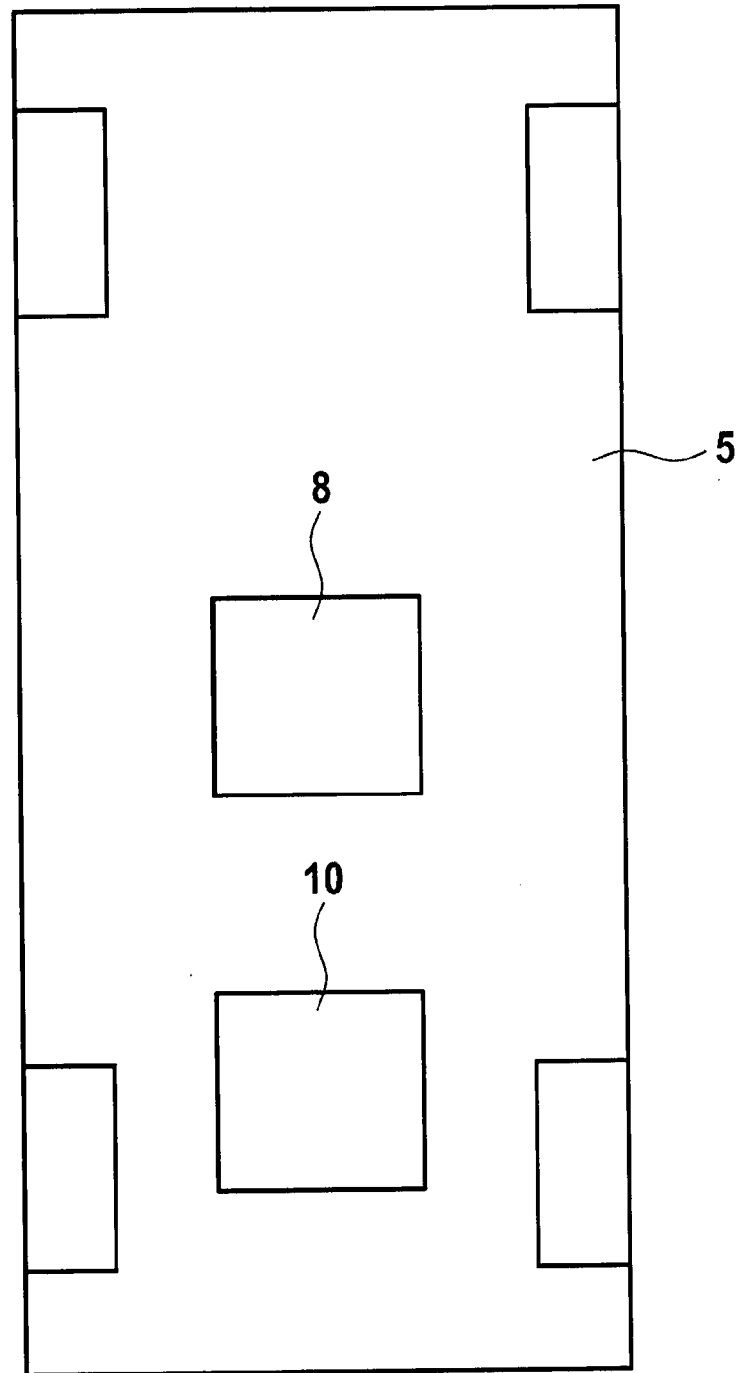
wobei ferner das erste Bordnetz (102) eine erste Batterie (106) aufweist, welche bei Ausfall der ersten Stromversorgungseinheit (104) die Stromversorgung des ersten Bordnetzes (102) übernimmt, und/oder wobei das zweite Bordnetz (202) eine zweite Batterie (206) aufweist, welche bei Ausfall der zweiten Stromversorgungseinheit (204) die Stromversorgung des zweiten Bordnetzes (202) übernimmt.

27. System (10) nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass dieses ferner zumindest ein Batteriemanagementsystem (90) aufweist, welches dazu ausgebildet ist, dass bei Ausfall der ersten Stromversorgungseinheit (104) und der ersten Batterie (106) die zweite Batterie (206) die Stromversorgung des ersten Bordnetzes (102) übernimmt, und/oder dass bei Ausfall der zweiten Stromversorgungseinheit (204) und der zweiten Batterie (206) die erste Batterie (106) die Stromversorgung des zweiten Bordnetzes (202) übernimmt.

28. Kraftfahrzeug (5), welches ein System (10) zur autonomen Fahrzeugführung nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

**Fig. 1**

**Fig. 2**



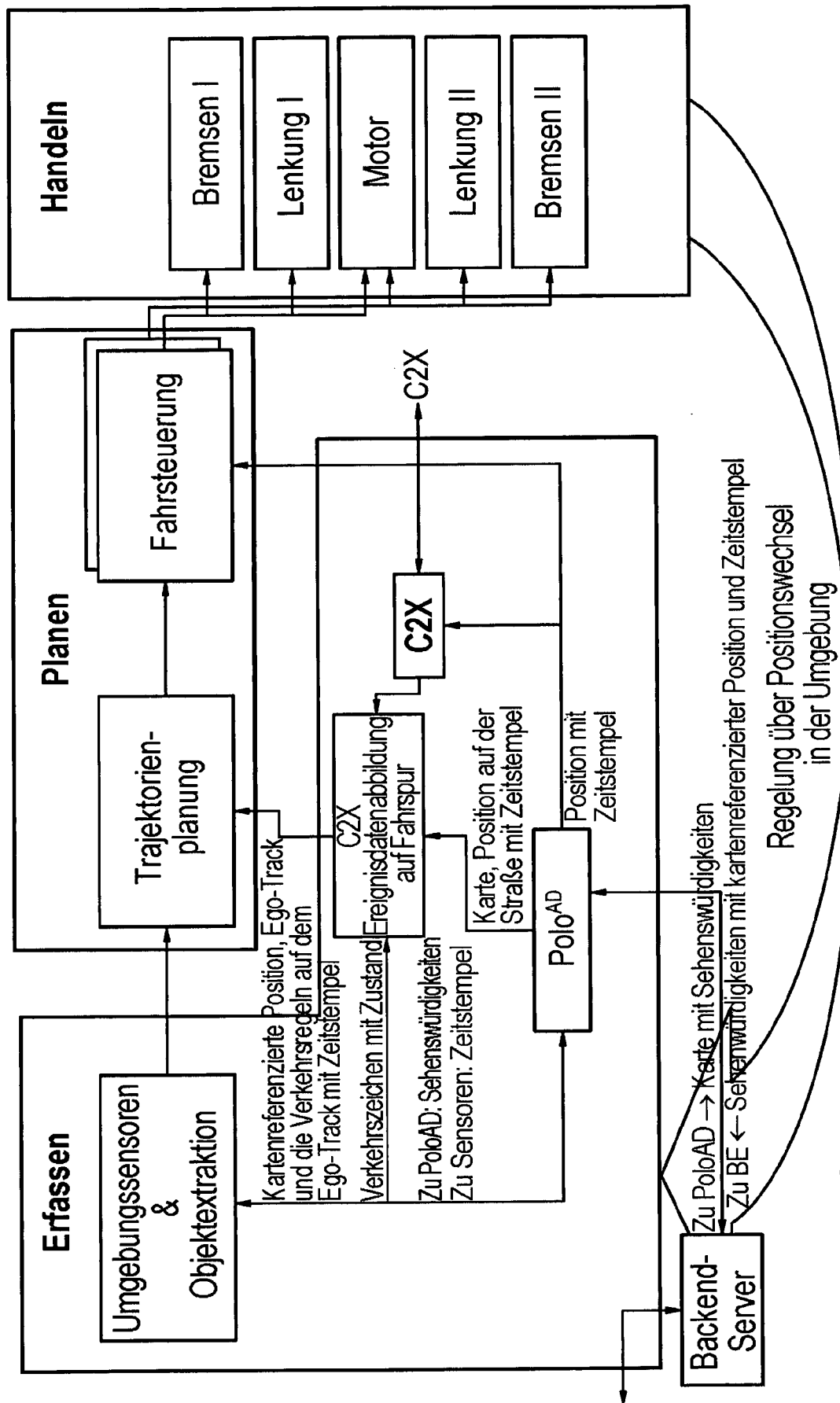


Fig. 3

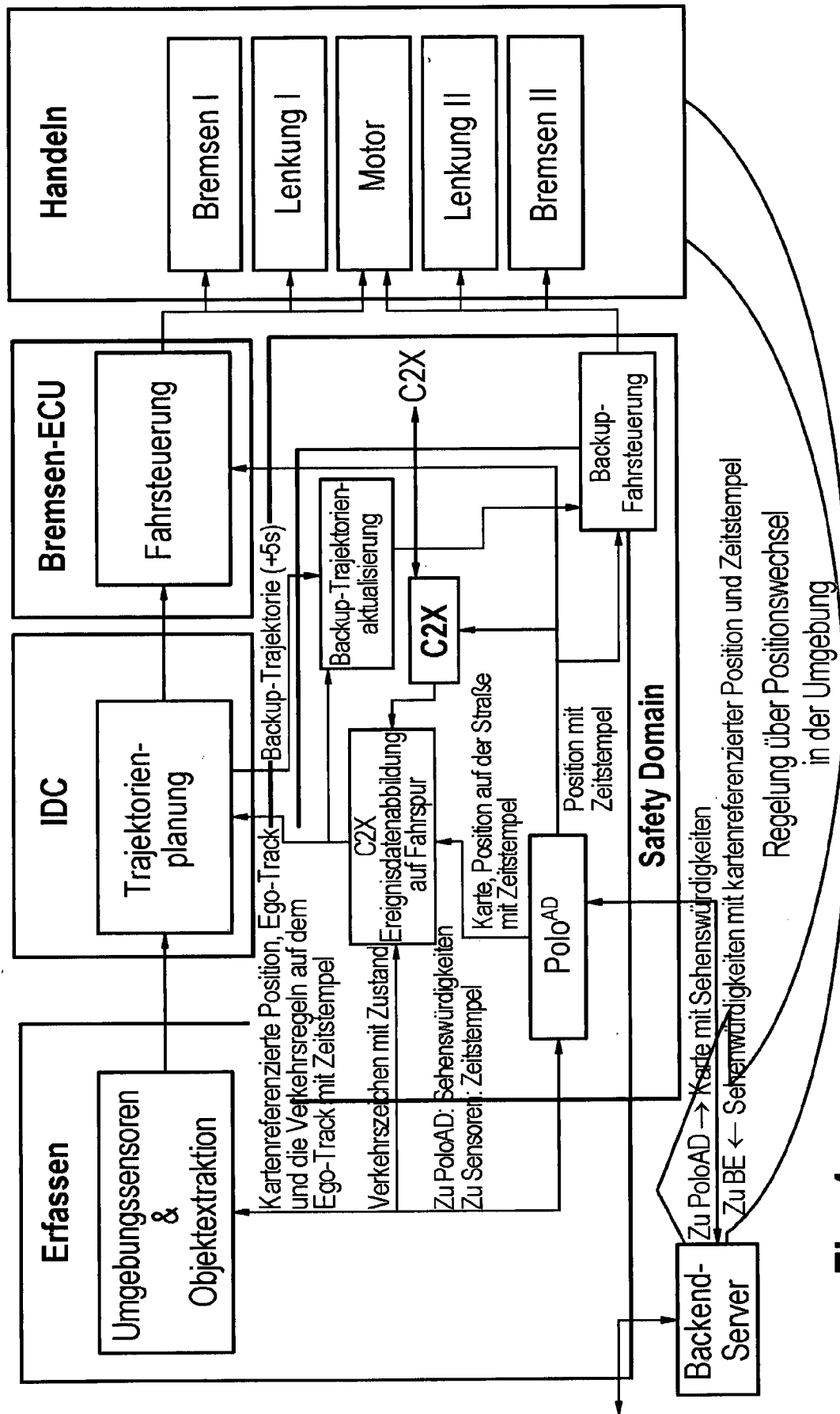


Fig. 4

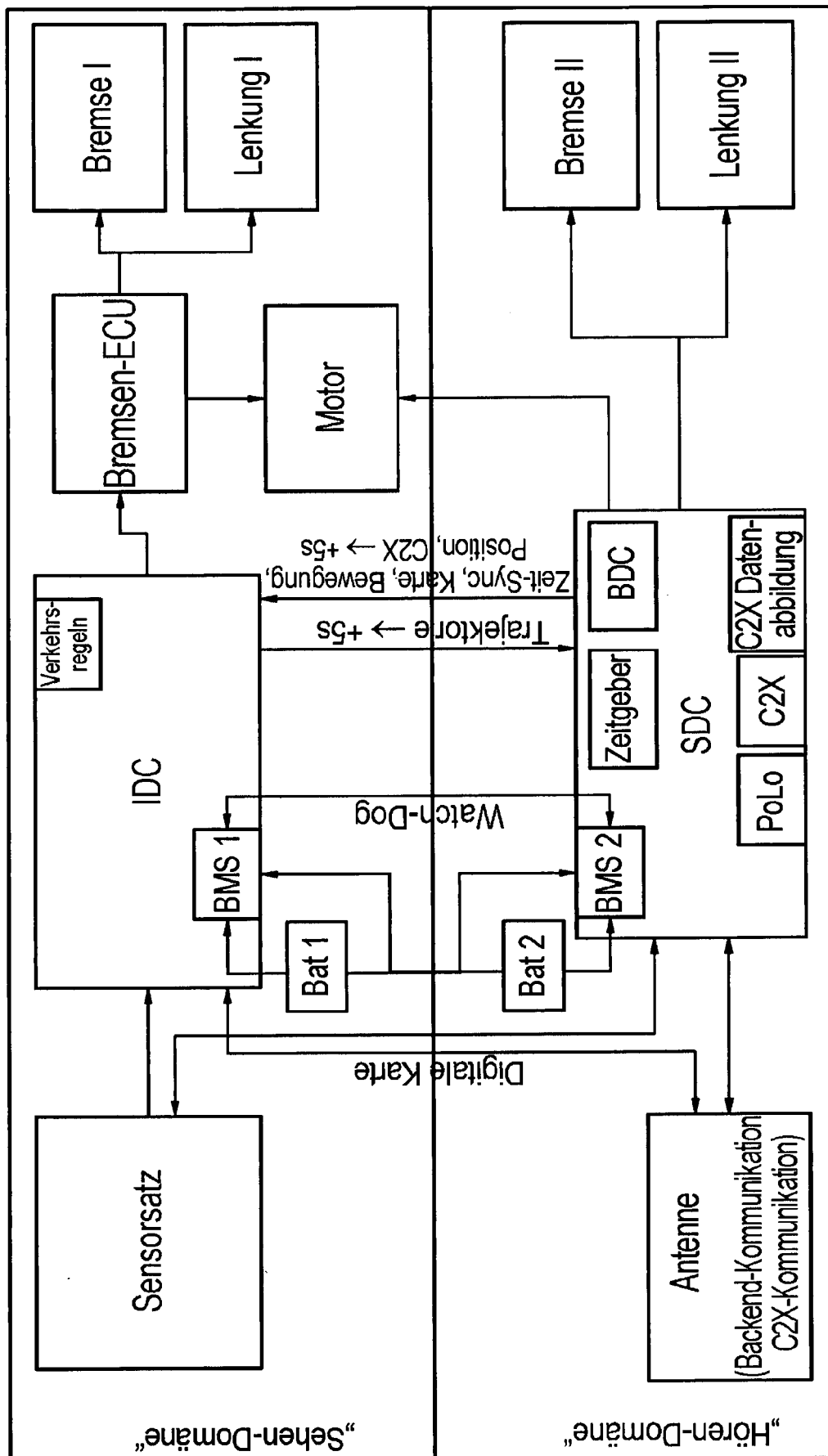
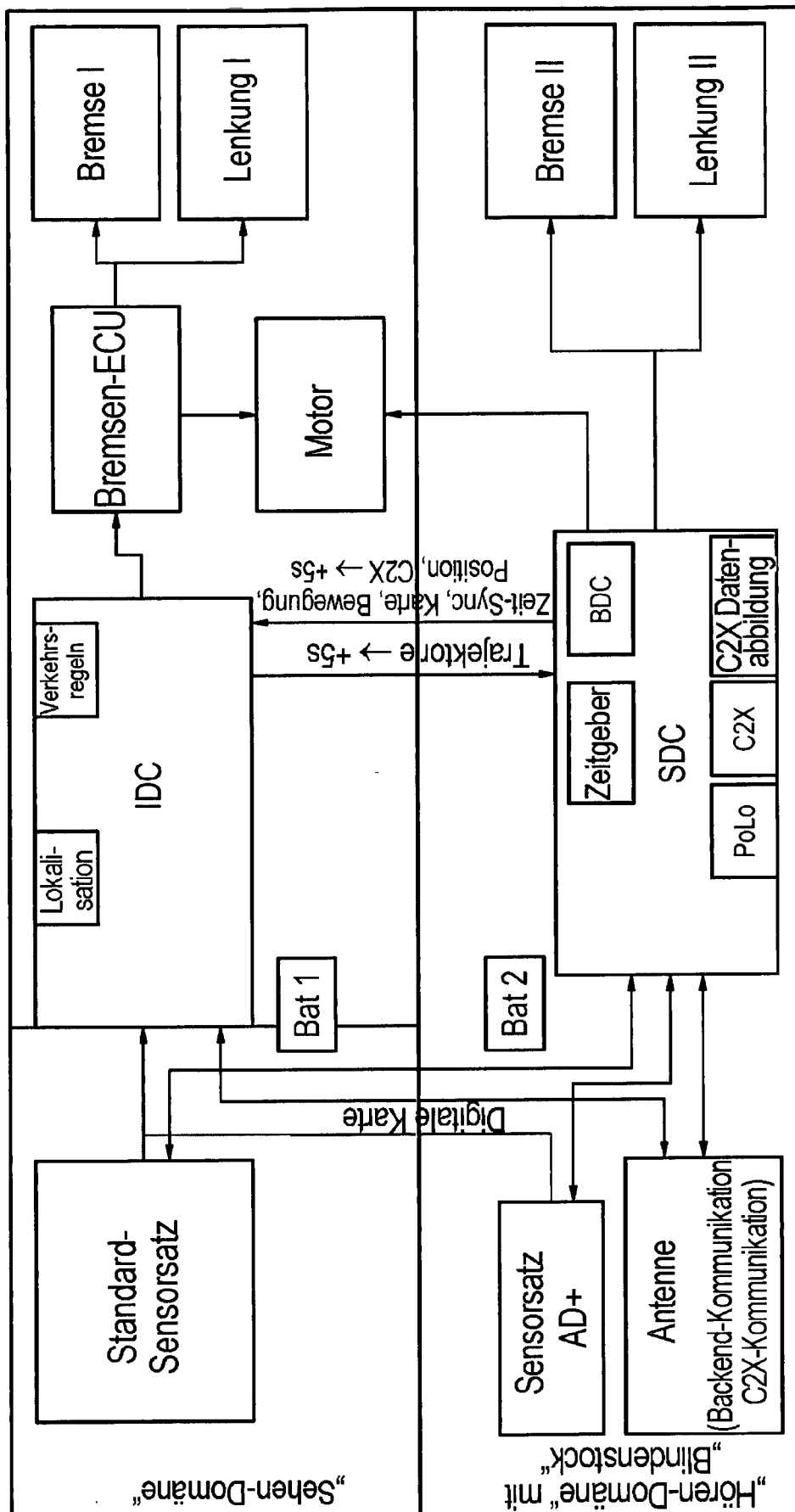


Fig. 5

**Fig. 6**

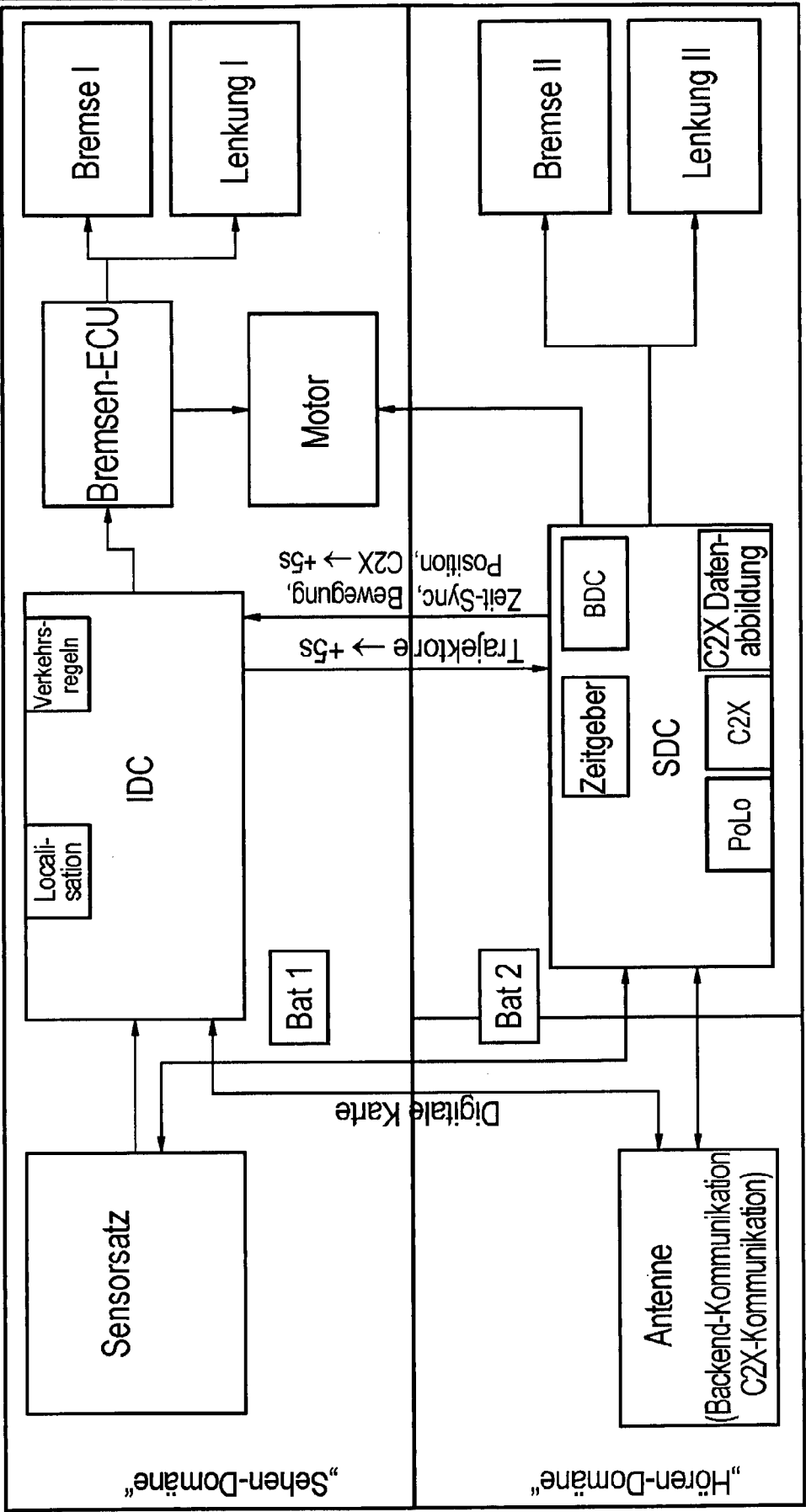


Fig. 7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/057383

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G05D1/00 G05D1/02  
ADD.

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                     | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | EP 2 587 330 A2 (DIEHL BGT DEFENCE GMBH & CO KG [DE]) 1 May 2013 (2013-05-01)<br>paragraphs [0001], [0016], [0017],<br>[0031], [0043] - [0045], [0049]; figures<br>1-3 | 1-28                  |
| X         | DE 33 31 897 A1 (REXROTH MANNESMANN GMBH [DE]) 21 March 1985 (1985-03-21)<br>the whole document                                                                        | 1,28                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 June 2015

Date of mailing of the international search report

03/07/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Nicolaucig, Aldo

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/057383

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |            |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|------------|
| EP 2587330                                | A2                  | 01-05-2013                 | DE 102011117116 A1  | 02-05-2013 |
|                                           |                     |                            | EP 2587330 A2       | 01-05-2013 |
| -----                                     |                     |                            |                     |            |
| DE 3331897                                | A1                  | 21-03-1985                 | NONE                |            |
| -----                                     |                     |                            |                     |            |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G05D1/00 G05D1/02  
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G05D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                          | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| X          | EP 2 587 330 A2 (DIEHL BGT DEFENCE GMBH & CO KG [DE]) 1. Mai 2013 (2013-05-01)<br>Absätze [0001], [0016], [0017], [0031], [0043] - [0045], [0049]; Abbildungen 1-3<br>----- | 1-28               |
| X          | DE 33 31 897 A1 (REXROTH MANNESMANN GMBH [DE]) 21. März 1985 (1985-03-21)<br>das ganze Dokument<br>-----                                                                    | 1,28               |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

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

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

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

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

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. Juni 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

03/07/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Nicolaucig, Aldo

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/057383

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |            |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------|
| EP 2587330                                         | A2                            | 01-05-2013                        | DE 102011117116 A1            | 02-05-2013 |
|                                                    |                               |                                   | EP 2587330 A2                 | 01-05-2013 |
| -----                                              |                               |                                   |                               |            |
| DE 3331897                                         | A1                            | 21-03-1985                        | KEINE                         |            |
| -----                                              |                               |                                   |                               |            |