

(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
27. März 2014 (27.03.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/044480 A2

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/067366

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. August 2013 (21.08.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 217 002.2
21. September 2012 (21.09.2012) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **HAULER, Florian**; Marie-Baum-Str. 4, 76137
Karlsruhe (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, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, 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, 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, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

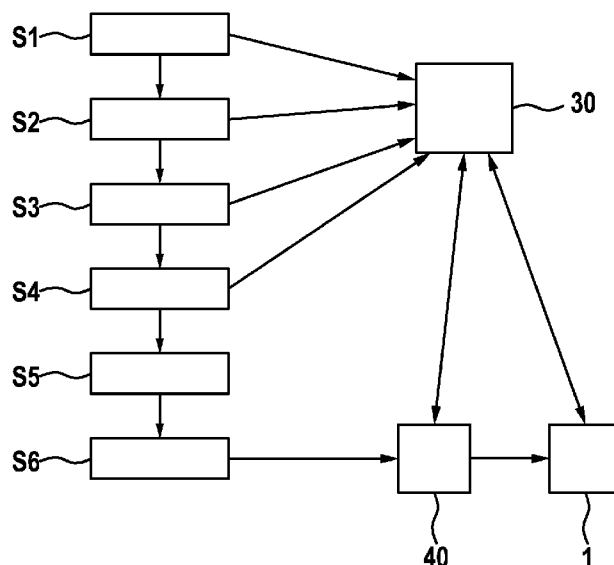
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPERATING A MOTOR VEHICLE IN AN AUTOMATED DRIVING MODE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN EINES KRAFTFAHRZEUGS IN EINEM
AUTOMATISIERTEN FAHRBETRIEB

Fig. 2



(57) Abstract: Method for operating a motor vehicle (10) in
an automated driving mode, having the steps: - determining
a standard trajectory (ST1), wherein the determined
standard trajectory (ST1) is transferred to an actuator device
(1) of the motor vehicle (10) during the driving mode by
means of a control device (40); - guiding the motor vehicle
(10) along the standard trajectory (ST1); and - determining a
safety range (B) for the motor vehicle (10), wherein the
determined safety range (B) is transmitted to the actuator
device (1) by means of the control device (40) during the
driving mode; wherein in the event of the automated driving
mode for the motor vehicle (10) no longer being ensured,
switching over to the safety range (B) takes place, as a result
of which the motor vehicle (10) is adjusted to the safety
range (B) by means of the actuator device (1).

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Betreiben eines
Kraftfahrzeugs (10) in einem automatisierten Fahrbetrieb,
aufweisend die Schritte: - Ermitteln einer
Standardtrajektorie (ST1), wobei die ermittelte
Standardtrajektorie (ST1)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



während des Fahrbetriebs mittels einer Regelungseinrichtung (40) an eine Aktoreinrichtung (1) des Kraftfahrzeugs (10) übermittelt wird; - Führen des Kraftfahrzeugs (10) entlang der Standardtrajektorie (ST1); und - Ermitteln eines Sicherheitsbereichs (B) für das Kraftfahrzeug (10), wobei der ermittelte Sicherheitsbereich (B) während des Fahrbetriebs mittels der Regelungseinrichtung (40) an die Aktoreinrichtung (1) übermittelt wird; wobei in einem Fall, in welchem der automatisierte Fahrbetrieb für das Kraftfahrzeug (10) nicht mehr sichergestellt ist, auf den Sicherheitsbereich (B) umgeschaltet wird, wodurch das Kraftfahrzeug (10) mittels der Aktoreinrichtung (1) in den Sicherheitsbereich (B) geführt wird.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs in einem automa-
tisierten Fahrbetrieb

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs in einem automatisierten Fahrbetrieb. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs in einem automatisierten Fahrbetrieb.

15 Stand der Technik

20

Im Stand der Technik sind Fahrerassistenz-Systeme bekannt, die sich neuerdings nicht mehr nur auf separate Längs- und Querführungen beschränken. Zusätzliche Funktionen, wie zum Beispiel eine Stauassistentz bis hin zu einem hoch automatisierten/autonomen Fahrbetrieb vereinheitlichen eine Längs- und Querregelung zu einer Trajektorienregelung des Kraftfahrzeugs.

25

Zu einer Realisierung des hochautomatisierten/autonomen Fahrens muss stets mit Ausfällen und Degradierungen von Steuergeräten, Sensorik und Aktuatorik gerechnet werden. Konventionelle Maßnahmen zur Verhinderung von Systemvollaussfällen sind beispielsweise redundante Berechnungen, redundante Datenübertragungen, (teil-)redundante Sensorik und (teil-)redundante Aktuatorik. Die genannten Maßnahmen sind allesamt dazu vorgesehen, um sichere Abschaltungen zu erreichen und stellen sogenannte „Fail-Safe“-Methoden dar, die das Fahrzeug in einen sicheren Zustand bringen sollen. In einem autonomen Fahrbetrieb ist der Fahrer für eine gewisse Zeit völlig aus einer Einwirkungsleife auf das Kraftfahrzeug herausgenommen, so dass er nicht zu einem sicheren Überführen des Kraftfahrzeugs in einen sicheren Zustand beitragen kann.

30

35

Aus der DE 10 2009 020 649 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kollisionsvermeidung für ein Fahrzeug durch Ausweichen vor einem Hindernis be-

5 kannt. Dabei werden im Falle einer drohenden Kollision mehrere mögliche Ausweichtrajektorien ermittelt und den Ausweichtrajektorien Zeitabstandsgrenzen zugeordnet, die den Zeitabstand zum Hindernis repräsentieren, bei dem zur Kollisionsvermeidung ein Ausweichmanöver gemäß der jeweiligen Trajektorie spätestens eingeleitet werden muss.

Offenbarung der Erfindung

10 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs in einem automatisierten Fahrbetrieb bereitzustellen.

15 Die Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt gelöst mit einem Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs in einem automatisierten Fahrbetrieb, aufweisend die Schritte:

- Ermitteln einer Standardtrajektorie, wobei die ermittelte Standardtrajektorie während des Fahrbetriebs mittels einer Regelungseinrichtung an eine Aktoreinrichtung des Kraftfahrzeugs übermittelt wird;
- Führen des Kraftfahrzeugs entlang der Standardtrajektorie; und
- 20 - Ermitteln eines Sicherheitsbereichs für das Kraftfahrzeug, wobei der ermittelte Sicherheitsbereich während des Fahrbetriebs mittels der Regelungseinrichtung an die Aktoreinrichtung übermittelt wird; wobei in einem Fall, in welchem der automatisierte Fahrbetrieb für das Kraftfahrzeug nicht mehr sichergestellt ist, auf den Sicherheitsbereich umgeschaltet wird, wodurch das Kraftfahrzeug mittels der
- 25 Aktoreinrichtung in den Sicherheitsbereich geführt wird.

Gemäß einem zweiten Aspekt wird die Aufgabe gelöst mit einer Vorrichtung zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs in einem automatisierten Fahrbetrieb, aufweisend:

- 30 - eine Sensoreinrichtung;
- eine Aktoreinrichtung;
- eine Ermittlungseinrichtung;
- eine Regelungseinrichtung; und
- eine Fehlerüberwachungseinrichtung;

35 wobei mittels der Ermittlungseinrichtung eine Standardtrajektorie und ein Sicherheitsbereich ermittelbar sind, wobei der Sicherheitsbereich mittels der Regelungseinrichtung

an die Aktoreinrichtung des Kraftfahrzeugs übermittelbar ist, wobei in einem Fall, dass in einem Fall, dass mittels der Sensoreinrichtung und der Fehlerüberwachungseinrichtung festgestellt wird, dass der automatisierte Fahrbetrieb nicht mehr gewährleistet ist, die Aktoreinrichtung des Kraftfahrzeugs auf den Sicherheitsbereich umgeschaltet wird, wodurch das Kraftfahrzeug mittels der Aktoreinrichtung in den Sicherheitsbereich führbar ist.

Vorzugsweise kann anstatt des Kraftfahrzeugs auch allgemein ein Fahrzeug vorgesehen sein.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass der Sicherheitsbereich und die Standardtrajektorie im Wesentlichen gleichzeitig ermittelt werden. Vorteilhaft können dadurch stets hochaktuelle Daten an die Aktoreinrichtung übermittelt werden, so dass das Kraftfahrzeug im Fehlerfall in einen ungefährdeten Sicherheitsbereich geführt werden kann.

Eine bevorzugte Ausführung des Verfahrens sieht vor, dass mittels einer Fehlerüberwachungseinrichtung ein Szenario für einen Fehlerfall des Kraftfahrzeugs ermittelt wird, wobei das Kraftfahrzeug beim Eintreten des Fehlerfalls in den Sicherheitsbereich geführt wird. Dies bietet den Vorteil, dass im Fehlerfall Fahrspurdaten für das Kraftfahrzeug bereits an die Aktuatorik übermittelt worden sind, so dass das Fahrzeug nunmehr entsprechend den vorab übermittelten Daten sicher geführt werden kann.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens sieht vor, dass je nach Fehlerfall mittels einer Regelungseinrichtung oder der Fehlerüberwachungseinrichtung auf den Sicherheitsbereich umgeschaltet wird. Vorteilhaft kann dadurch die Aktuatorik zweifach angesteuert bzw. aktiviert werden, was eine Behandlung von unterschiedlichen Fehlerfällen unterstützt. Im Falle, dass zum Beispiel eine Regelungseinrichtung zur Umsetzung von Trajektorien in Aktuatordaten ausfällt, kann die Aktuatorik immer noch alternativ mittels der Fehlerüberwachungseinrichtung angesteuert werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass alternativ oder zusätzlich zum Sicherheitsbereich eine Sicherheitstrajektorie ermittelt wird, wobei die Sicherheitstrajektorie an die Aktoreinrichtung übermittelt wird. Dies bietet den Vorteil, dass auf diese Weise eine spezifischere Ausgestaltung eines Sicherheitsbereichs bereitgestellt wird, so dass dadurch im Fehlerfall das Kraftfahrzeug gegebenenfalls noch genauer in den sicheren Bereich und innerhalb des sicheren Bereichs geführt werden kann.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass für den Fall, dass das Kraftfahrzeug mittels der Aktoreinrichtung nur eingeschränkt steuerbar ist, das Kraftfahrzeug entlang der Sicherheitstrajektorie oder in den Sicherheitsbereich geführt wird. Dies bietet eine sinnvolle Möglichkeit für den Fall, dass eine Einrichtung zur Ermittlung der Fahrspurdaten im Wesentlichen vollständig intakt ist, so dass nunmehr das Fahrzeug mittels einer Trajektorien-Führung noch präziser in den sicheren Bereich geführt werden kann.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens sieht vor, dass während des automatisierten Fahrbetriebs mehrere Sicherheitstrajektorien und mehrere Sicherheitsbereiche generiert werden, wobei nach einer Analyse des Fehlerfalles durch die Fehlerüberwachungseinrichtung eine der Sicherheitstrajektorien oder einer der Sicherheitsbereiche ausgewählt wird. Dadurch kann vorteilhaft die dem jeweiligen Fehlerbild am besten entsprechende Trajektorie oder der am besten entsprechende Sicherheitsbereich ausgewählt werden, um das Fahrzeug sicher zu führen.

Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das Kraftfahrzeug im Falle eines Fehlers in einer Sensoreinrichtung für eine Umfelderkennung in den Sicherheitsbereich geführt wird. In diesem spezifischen Fehlerfall ohne sinnvolle Orientierungs- bzw. Lokalisierungsmöglichkeiten ist das Kraftfahrzeug in besonderem Maße auf ein Führen in eine sichere Zone angewiesen.

Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, dass die Ermittlungseinrichtung ein Planungsmodul für die Standardtrajektorie aufweist, wobei mittels des Planungsmoduls auch eine Sicherheitstrajektorie ermittelbar ist, wobei auch die Sicherheitstrajektorie an die Aktoreinrichtung

übermittelbar ist. Dadurch wird mittels des Planungsmoduls vorteilhafterweise eine Sicherheitstrajektorie als eine spezifischere Ausgestaltung des Sicherheitsbereichs bereitgestellt.

5 Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass mittels des Planungsmoduls die Standardtrajektorie, der Sicherheitsbereich und die Sicherheitstrajektorie im Wesentlichen gleichzeitig ermittelbar sind. Dadurch können stets hochaktuelle Fahrdaten für den Normalbetrieb und für den Fehlerfall ermittelt werden, die aneinander konsistent angepasst sind. Auf diese Weise stehen im Fehlerfall mit hoher Wahrscheinlichkeit ein
10 ungefährdeter Sicherheitsbereich bzw. eine ungefährdete Sicherheitstrajektorie zur Verfügung.

Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor,
15 dass die Umschaltung von der Standardtrajektorie auf den Sicherheitsbereich von einer Regelungseinrichtung oder von einer Fehlerüberwachungseinrichtung durchführbar ist. Dies schafft vorteilhaft zwei verschiedene Möglichkeiten zum Umschalten im Fehlerfall, so dass eine Redundanz für das Umschalten auf die sicheren Daten bereitgestellt wird.

20 Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft eine Sicherheitsstufe für das Kraftfahrzeug im automatisierten Fahrbetrieb dahingehend erhöht werden, dass während des automatisierten Fahrbetriebs ein Sicherheitsbereich bzw. sicher zu befahrender Bereich ermittelt und an die Aktuatorik übermittelt wird. Im Fehlerfall, in welchem der automatisierte Betrieb nicht mehr sicher gewährleistet
25 ist, wird auf den Sicherheitsbereich umgeschaltet, wodurch das Fahrzeug dann mittels der Aktuatorik in den sicheren Bereich geführt wird.

30 Die Erfindung wird im Folgenden mit weiteren Merkmalen und Vorteilen anhand von mehreren Figuren detailliert beschrieben. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung, sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in den Figuren. Die Figuren sind vor
35 allem dazu gedacht, die erfindungswesentlichen Prinzipien zu verdeutlichen.

In den Figuren zeigt:

Fig. 1 eine prinzipielle Darstellung eines erfindungsgemäßen automatisierten Fahrbetriebs eines Kraftfahrzeugs in einem regulären Modus und in einem Fehlerfall;

Fig. 2 eine prinzipielle Systemdarstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 3 ein prinzipielles Blockschaltbild einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Ausführungsformen der Erfindung

Fig. 1 zeigt in einer prinzipiellen Darstellung ein Kraftfahrzeug 10, welches sich in einem automatisierten bzw. autonomen Fahrbetrieb befindet. Dieser Fahrbetrieb ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Fahrer von jeglichen Steuerungseingriffen auf das Kraftfahrzeug entbunden ist, sodass das Kraftfahrzeug 10 für eine definierte Zeitdauer vollautomatisch entlang einer Standardtrajektorie ST1 geführt wird.

Eine Trajektorie stellt eine Aneinanderreihung von Raum-Zeit-Punkten, also ein zeitabhängige Raumkurve dar. In mathematischer Form lässt sich eine Trajektorie folgendermaßen beschreiben:

$$T:r = \begin{pmatrix} x1 \\ y1, \dots, \\ \varepsilon1 \\ t1 \end{pmatrix}$$

wobei $x1$, $y1$ einen Punkt im zweidimensionalen Raum definiert, $\varepsilon1$ eine Steigung der Trajektorie in diesem Punkt zur Glättung der Trajektorie, sowie $t1$ einen Zeitpunkt einer Gültigkeit des Punktes darstellt. Weiterhin kann noch für jeden Punkt eine Geschwindigkeit angegeben werden. Entsprechendes gilt für dreidimensionale Trajektorien. Für zeitlich äquidistante Punktfolgen kann auf eine explizite Übermittlung des Zeitpunkts verzichtet werden.

In einem Fehlerfall, in dem der ordnungsgemäße automatisierte Fahrbetrieb des Kraftfahrzeugs 10 nicht mehr gewährleistet ist, wird das Kraftfahrzeug erfindungsgemäß in einen Sicherheitsbereich B geführt. Alternativ kann das Kraftfahrzeug 10 auch entlang einer Sicherheitstrajektorie ST2 geführt werden. Es ist mittels der Erfindung also günstiger Weise möglich, ein Kraftfahrzeug 10 bei schwerwiegenden Systemfehlern in einen frei befahrbaren Bereich (Sicherheitsbereich), beispielsweise auf einen Standstreifen einer Fahrbahn zu leiten und danach das Kraftfahrzeug 10 anzuhalten.

Fig. 2 zeigt auf prinzipielle Weise eine systemische Übersicht des erfindungsgemäßen Verfahrens, welches bei einer Erkennung eines Systemausfalls im automatisierten Fahrbetrieb des Kraftfahrzeugs 10 eine Generierung eines Sicherheitsbereichs B und ein Übermitteln desselben an eine Aktuatorik des Kraftfahrzeugs 10 darstellt.

In einem Schritt S1 werden im Fahrbetrieb mittels verschiedenartiger Sensoren (nicht dargestellt) Umfeldparameter des Kraftfahrzeugs 10 im Wesentlichen permanent (z.B. zyklisch in kurzen Zeitabständen) erfasst, die in einem weiteren Schritt S2 für eine Umfelderkennung und eine Lokalisierung des Kraftfahrzeugs 10 verwendet werden.

In einem Schritt S3 wird danach eine Situationsanalyse mit einem Feststellen der momentanen Gegebenheiten des Umfelds des Kraftfahrzeugs 10 durchgeführt.

In einem Schritt S4 erfolgt aufgrund der vorangegangenen Situationsanalyse eine vorausschauende Prädiktion des Umfelds des Kraftfahrzeugs 10. Ein zukünftiges, auf hoher Wahrscheinlichkeit basierendes Bewegungsverhalten des Kraftfahrzeugs 10 wird auf diese Art und Weise erzeugt.

Eine Verhaltensgenerierung in einem Schritt S5 ermöglicht ein Planen von Aktionen, die notwendig sind, um die vorangegangene prädizierte Situation umzusetzen. Beispielsweise kann dies eine Planung eines durchzuführenden Spurwechsels oder einer durchzuführenden Geschwindigkeitsänderung des Kraftfahrzeugs 10 beinhalten.

Erfindungsgemäßen ist nunmehr vorgesehen, dass im automatisierten Fahrbetrieb des Kraftfahrzeugs 10 in einem Schritt S6 sogenannte Standardtrajektorien ST1 generiert und an eine Regelungseinrichtung 40 übermittelt werden, wobei mittels der Regelungseinrichtung 40 die mathematischen Daten der Trajektorien ST1 in für eine Aktoreinrichtung 1 prozessierbare Daten umgesetzt werden. Die Regelungseinrichtung 40 übermittelt die genannten Daten an die Aktoreinrichtung 1 des Kraftfahrzeugs 10, die mehrere Aktoren (z.B. Lenksteller) umfassen kann.

Im Wesentlichen gleichzeitig oder auch zeitlich sehr kurz nacheinander wird im Schritt S6 ein Sicherheitsbereich B bzw. eine Sicherheitstrajektorie ST2 erzeugt, insbesondere zyklisch erzeugt, die ebenfalls an die Regelungseinrichtung 40 bzw. von dieser an die Aktoreinrichtung 1 übermittelt wird. Für die Berechnung des Sicherheitsbereichs B bzw. der Sicherheitstrajektorie ST2 muss die detektierte Bewegung anderer Verkehrsteilnehmer präzisiert werden unter Berücksichtigung physikalisch möglicher und wahrscheinlicher Bewegungsänderungen. Die Regelungseinrichtung 40 transferiert damit also nicht nur zum aktuellen Zeitpunkt gültige Fahrspurdaten, sondern auch zukünftige Daten der Sicherheitstrajektorie ST2 und sicher befahrbare Bereiche, welche in einem Fehlerfall angefahren werden. Zur Übertragung der genannten Daten vorgesehene Bussysteme können beispielsweise CAN- oder FlexRay- oder Ethernet basiert sein.

Eine Fehlerüberwachungseinrichtung 30 ist vorgesehen, um die Vorgänge der oben beschriebenen Schritte S1 bis S4 zu überwachen. Dies kann zum Beispiel bedeuten, dass Statusbotschaften der Sensoreinrichtung 2 überwacht, oder über verschiedene Sensoren (z.B. Video-, Radar-, Ultraschallsensor, usw.) der Sensoreinrichtung 2 hinweg Plausibilisierungen durchgeführt werden. Im Ergebnis bedeutet dies, dass mittels der Fehlerüberwachungseinrichtung 30 eine auf Wahrscheinlichkeitswerten beruhende probabilistische Fehlerüberwachung des Systems durchgeführt wird, wobei in einem Fall, dass ein Fehler erkannt wird, eine Anweisung an die Regelungseinrichtung 40 übermittelt wird, mittels der Aktoreinrichtung 1 den Sicherheitsbereich B bzw. die Sicherheitstrajektorie ST2 abzufahren.

Die Fehlerüberwachungseinrichtung 30 stellt somit also gewissermaßen eine Kontrollinstanz dar, welche festlegt, ob das Kraftfahrzeug 10 entsprechend der

Standardtrajektorie ST1 geführt werden soll oder ob Umstände vorliegen, die ein Geführtwerden des Kraftfahrzeugs in den Sicherheitsbereich B bzw. entlang der Sicherheits- bzw. Ersatztrajektorie ST2 sinnvoll erscheinen lassen.

5 Das erfindungsgemäße Verfahren bietet zahlreiche Vorteile:

10 So ist es aufgrund der Tatsache, dass bereits im Vorfeld ein Sicherheitsbereich B bzw. eine Sicherheitstrajektorie ST2 ermittelt und an die Aktuatorik 1 übertragen werden, insbesondere im Wesentlichen permanent an die Aktuatorik 1 übertragen werden, möglich, im Fehlerfall im Wesentlichen unverzüglich auf die Sicherheitstrajektorie ST2 umzuschalten und dadurch das Kraftfahrzeug 10 in einen sicheren Bereich zu manövrieren.

15 Eine nützliche Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt beispielsweise dann vor, wenn eine Sensorik defekt ist und sich nicht mehr plausibilisieren lässt. Mittels der Fehlerüberwachungseinrichtung 30 wird dies erkannt, woraufhin diese der Regelungseinrichtung 40 mitteilt, dass der Sicherheitsbereich B bzw. die Sicherheitstrajektorie ST2, gebildet aus funktionsfähigen Sensorikdaten, abzufahren ist.

20 Nützlich ist das erfindungsgemäße Verfahren auch dann, wenn es aufgrund eines Fehlerfalls nicht mehr möglich ist, die Aktuatorik-Sollwerte von der Regelungseinrichtung 40 an die Aktoreinrichtung 1 zu übertragen. Die Aktoreinrichtung 1 hat zu diesem Zeitpunkt aufgrund eines engen Übermittlungs-Zeitrasters (vorzugsweise weniger als ca. alle 40 ms) bereits aus dem vorigen Zyklus übermittelte gültige Aktuatorik-Sollwerte zur Sicherheitstrajektorie bzw. Sicherheitsbereich zur Verfügung, auf die mittels der Fehlerüberwachungseinrichtung 30 umgeschaltet werden kann.

30 Nützlich ist die Erfindung insbesondere auch für jegliche Fehlerfälle, in denen eine Umfelderkennung des Kraftfahrzeugs 10 im Verkehrsfluss aufgrund von Sensordefekten oder eine Lokalisierung des Fahrzeugs auf der Straße nicht eindeutig möglich ist. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn Umfelderkennungssysteme oder Lokalisierungssysteme (z.B. Radar, Ultraschallsensor, Videokamera, GPS, usw.) defekt sind. Aufgrund der den Fehler erkennenden Fehlerüberwa-

35

5 chungsseinrichtung 30 wird auch in diesem Fall eine Aktivierung der zur Aktoreinrichtung 1 vorher übermittelten sicheren Aktuatoriksollwerten durchgeführt. Für den Fall, dass ein Stellpotenzial von redundanter Aktuatorik der Aktoreinrichtung 1 nicht ausreicht (z.B. wenn ein Lenkungseingriff mittels Bremsen vorgenommen werden muss, weil die Ansteuerung des regulären Lenkstellers, bzw. der Lenksteller selbst defekt ist), wird vorzugsweise der Sicherheitsbereich B angesteuert, weil es in diesem Fall nicht möglich ist, den infinitesimal ausgebildeten Verlauf der Sicherheitstrajektorie ST2 abzufahren.

10 Denkbar wäre in diesem Fall alternativ aber auch, die eingeschränkte Manövrierfähigkeit des Kraftfahrzeugs 10 in die Verhaltensgenerierung von Schritt S5 bzw. die Planung der Trajektorien von Schritt S6 zu spiegeln, um gültige Sicherheitstrajektorien ST2 zu erhalten, nach denen das Kraftfahrzeug 10 dann trotz eingeschränkter Manövrierfähigkeit geführt wird. Dies bedeutet letztlich nichts anderes, als dass die Sicherheitstrajektorie ST2 nach wie vor einwandfrei ermittelt werden kann, so dass nunmehr auch mit eingeschränkter Funktionsfähigkeit der Aktoreinrichtung 1 eine Sicherheitstrajektorie ST2 gefahren wird. Als ein Beispiel wäre hier eine Durchführung von Lenkbewegungen mittels Bremseneingriffen auf Räder des Kraftfahrzeugs 10, die von einem ESP-System (elektronisches Stabilitätsprogramm) gesteuert werden, zu nennen.

20 In einem weiteren Fehlerfall, in welchem die gesamte Wirkkette der vorgehend beschriebenen Schritte S1 bis S6 defekt ist, wird von der Fehlerüberwachungseinrichtung 30 eine Kontrollfunktion übernommen und die in der Aktoreinrichtung 1 gespeicherte - weil bereits im Vorfeld übertragene - Sicherheitstrajektorie ST2 aktiviert.

30 Vorteilhaft wird durch die Übermittlung des Sicherheitsbereichs B bzw. der Sicherheitstrajektorie ST2 eine Information übermittelt, die eine geplante Positionierung des Fahrzeugs in der Zukunft betrifft. Dadurch werden Lösungen für Fehler Szenarien bereits in die Zukunft abgebildet, indem für derartige Szenarien Positionierungen des Kraftfahrzeugs hinterlegt sind.

35 Fig. 3 zeigt in einem prinzipiellen Blockschaltbild eine Übersichtsdarstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 100, wobei Teile der genannten Vorrichtung 100 bereits anhand der Systemdarstellung von Fig. 2 be-

schrieben worden sind. Es ist erkennbar, dass innerhalb der Ermittlungseinrichtung 20 ein Planungsmodul 21 vorgesehen ist, welches für die Planung und Ermittlung des Sicherheitsbereichs B bzw. der Trajektorien ST1, ST2 zuständig ist.

5 Vorzugsweise sind alle dargestellten Komponenten in jeweils eigenen Steuergeräten angeordnet. Denkbar ist jedoch jede beliebige Anordnung bzw. Aufteilung der gezeigten Komponenten auf Steuergeräte. Die zwischen der Fehlererkennungseinrichtung 30 und der Ermittlungseinrichtung 20, Regelungseinrichtung 40 und Aktoreinrichtung 1 gezeigten Doppelpfeile sollen eine bidirektionale Kommunikation zwischen den genannten Komponenten andeuten.

10 Zusammenfassend wird mit der vorliegenden Erfindung eine nützliche Möglichkeit bereitgestellt, um ein Kraftfahrzeug in einem hochautomatisierten/autonomen Fahrbetrieb bei Auftreten von systemrelevanten Defekten in einen sicheren Zustand überzuführen. Dies erfolgt dadurch, dass bereits im Vorfeld Fehlerszenarien in Form von Sicherheitsbereichen, Sicherheitstrajektorien oder Aktuatorik-Sollwerten ermittelt und an eine Aktoreinrichtung übermittelt werden. Bei einem tatsächlichen Eintreten des vorausberechneten Fehlerszenarios müssen die bereits übertragenen oben genannten Daten zum nur noch aktiviert werden, so

15 dass das Fahrzeug sicher in einen beherrschbaren oder in einen sicheren Zustand (Anhalten, gegebenenfalls auf der Standspur) versetzt wird.

Vorteilhaft wird mittels der Erfindung ein etwaiges Systemversagen schnellstmöglich erkannt, wobei der Fahrer informiert wird und möglichst schnell in die Steuerungsverantwortung für das Fahrzeug zurückgeholt werden kann. Ein Zeitraum zwischen der Fehlererkennung und der Fahrerübernahme kann von der erfindungsgemäßen Vorrichtung überbrückt werden.

25 Ein Fachmann wird erkennen, dass nach dem erfindungsgemäßen Prinzip vielfältige Fehler von Sensorik des Kraftfahrzeugs bzw. kritische Verkehrssituationen beherrschbar sind.

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs (10) in einem automatisierten Fahrbetrieb, aufweisend die Schritte:
 - Ermitteln einer Standardtrajektorie (ST1), wobei die ermittelte Standardtrajektorie (ST1) während des Fahrbetriebs mittels einer Regelungseinrichtung (40) an eine Aktoreinrichtung (1) des Kraftfahrzeugs (10) übermittelt wird;
 - Führen des Kraftfahrzeugs (10) entlang der Standardtrajektorie (ST1); und
 - Ermitteln eines Sicherheitsbereichs (B) für das Kraftfahrzeug (10), wobei der ermittelte Sicherheitsbereich (B) während des Fahrbetriebs mittels der Regelungseinrichtung (40) an die Aktoreinrichtung (1) übermittelt wird; wobei in einem Fall, in welchem der automatisierte Fahrbetrieb für das Kraftfahrzeug (10) nicht mehr sichergestellt ist, auf den Sicherheitsbereich (B) umgeschaltet wird, wodurch das Kraftfahrzeug (10) mittels der Aktoreinrichtung (1) in den Sicherheitsbereich (B) geführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Sicherheitsbereich (B) und die Standardtrajektorie (ST1) im Wesentlichen gleichzeitig ermittelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei mittels einer Fehlerüberwachungseinrichtung (30) ein Szenario für einen Fehlerfall des Kraftfahrzeugs (10) ermittelt wird, wobei beim Eintreten des Fehlerfalls der Sicherheitsbereich (B) angesteuert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei je nach Fehlerfall mittels einer Regelungseinrichtung (40) oder der Fehlerüberwachungseinrichtung (30) auf den Sicherheitsbereich (B) umgeschaltet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei alternativ oder zusätzlich zum Sicherheitsbereich (B) eine Sicherheitstrajektorie (ST2) ermittelt

wird, wobei die Sicherheitstrajektorie (ST2) an die Aktoreinrichtung (1) übermittelt wird.

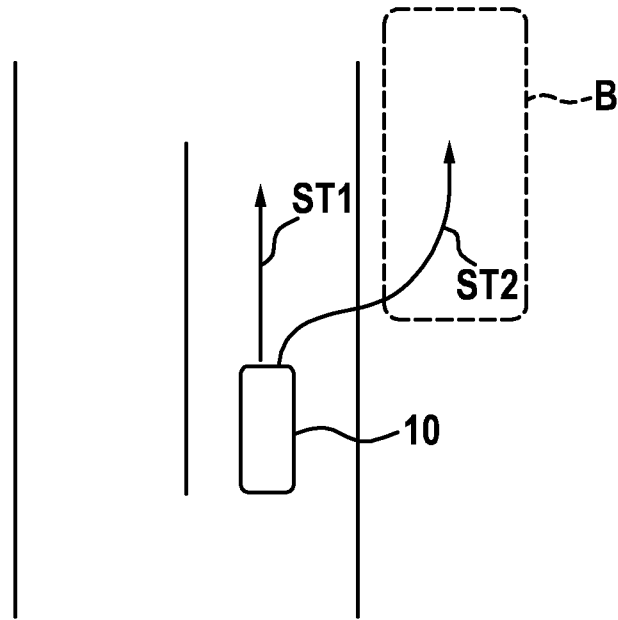
- 5 6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei für den Fall, dass das Kraftfahrzeug (10) mittels der Aktoreinrichtung (1) nur eingeschränkt steuerbar ist, das Kraftfahrzeug (10) entlang der Sicherheitstrajektorie (ST2) oder in den Sicherheitsbereich (B) geführt wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, wobei während des automatisierten Fahrbetriebs mehrere Sicherheitstrajektorien (ST2) und mehrere Sicherheitsbereiche (B) generiert werden, wobei nach einer Analyse des Fehlerfalls durch die Fehlerüberwachungseinrichtung (30) eine der Sicherheitstrajektorien (ST2) oder einer der Sicherheitsbereiche (B) ausgewählt wird.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kraftfahrzeug (10) im Falle eines Fehlers in einer Sensoreinrichtung (2) für eine Umfelderkennung in den Sicherheitsbereich (B) geführt wird.
- 20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, wobei das Kraftfahrzeug (10) im Falle eines Fehlers in einer Sensoreinrichtung (2) für eine Umfelderkennung entlang der Sicherheitstrajektorie (ST2) geführt wird.
- 25 10. Vorrichtung (100) zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs (10) in einem automatisierten Fahrbetrieb, aufweisend:
 - eine Sensoreinrichtung (2);
 - eine Aktoreinrichtung (1);
 - eine Ermittlungseinrichtung (20);
 - eine Regelungseinrichtung (40); und
 - 30 - eine Fehlerüberwachungseinrichtung (30);
 - wobei mittels der Ermittlungseinrichtung (20) eine Standardtrajektorie (ST1) und ein Sicherheitsbereich (B) ermittelbar ist, wobei der Sicherheitsbereich (B) mittels der Regelungseinrichtung (40) an die Aktoreinrichtung (1) des Kraftfahrzeugs (10) übermittelbar ist, wobei in einem Fall, dass mittels der Sensoreinrichtung (2) und der Fehlerüberwachungseinrichtung (30) festgestellt wird,
 - 35 dass der automatisierte Fahrbetrieb nicht mehr gewährleistet ist, die Aktoreinrichtung (1) des Kraftfahrzeugs (10) auf den Sicherheitsbereich (B)

umschaltbar ist, wodurch das Kraftfahrzeug (10) mittels der Aktoreinrichtung (1) in den Sicherheitsbereich (B) führbar ist.

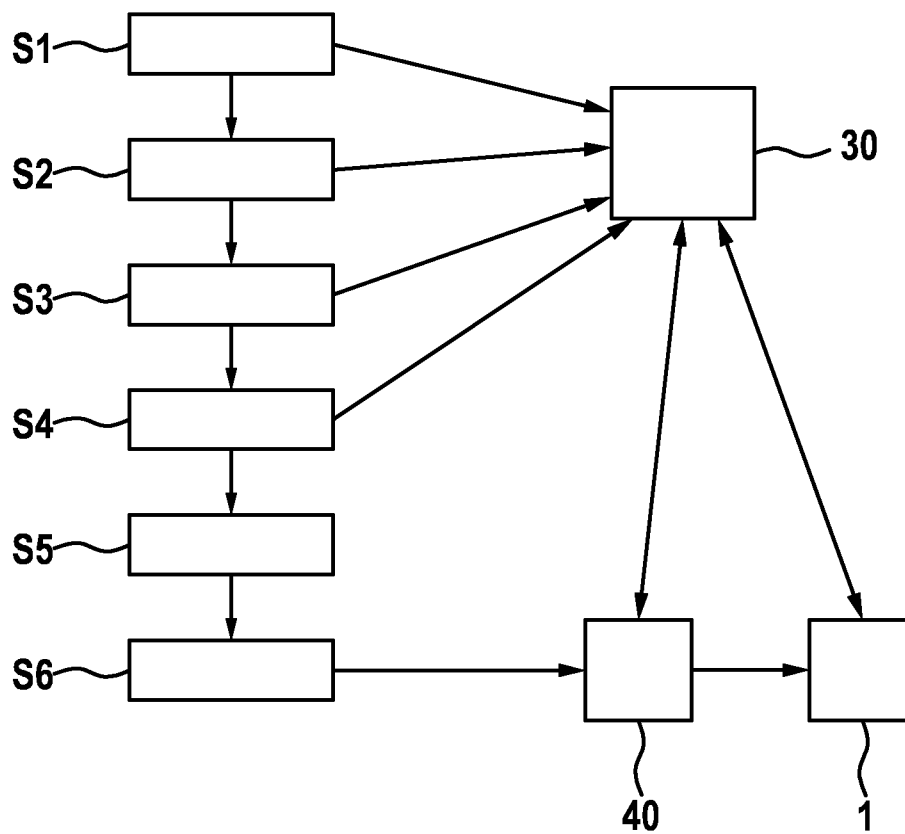
- 5 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Ermittlungseinrichtung (20) ein Planungsmodul (21) für die Standardtrajektorie (ST1) aufweist, wobei mittels des Planungsmoduls (21) auch eine Sicherheitstrajektorie (ST2) ermittelbar ist, wobei auch die Sicherheitstrajektorie (ST2) mittels der Regelungseinrichtung (40) an die Aktoreinrichtung (1) übermittelbar ist.
- 10 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei mittels des Planungsmoduls (21) die Standardtrajektorie (ST1), der Sicherheitsbereich (B) und die Sicherheitstrajektorie (ST2) im Wesentlichen gleichzeitig ermittelbar sind.
- 15 13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, wobei die Umschaltung von der Standardtrajektorie (ST1) auf den Sicherheitsbereich (B) von der Regelungseinrichtung (40) oder von der Fehlerüberwachungseinrichtung (30) durchführbar ist.
- 20 14. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wenn es auf einer elektronischen Steuerungseinrichtung (20,30,40) abläuft oder auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert ist.
- 25

1 / 2

Fig. 1



2 / 2

Fig. 2**Fig. 3**