

(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
16. Januar 2025 (16.01.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/011900 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G05D 1/87 (2024.01) G05D 107/13 (2024.01)
G05B 9/03 (2006.01) G05D 109/10 (2024.01)
G05D 105/22 (2024.01) G06F 11/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/067011

(22) Internationales Anmeldedatum:

19. Juni 2024 (19.06.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2023 118 303.6

11. Juli 2023 (11.07.2023)

DE

(71) Anmelder: ZF CV SYSTEMS GLOBAL GMBH
[CH/CH]; Giacomettistrasse 1, 3006 Bern (CH).

(72) Erfinder: VAN THIEL, Julian; Nelkenweg 7, 30938
Grossburgwedel (DE). WULF, Oliver; Zum Dammkrug 3,
31535 Neustadt (DE). CHRISTEL, Jens; Lutherstraße 68,
30171 Hannover (DE).

(74) Anwalt: SCHAEFERJOHANN, Volker; Am Lindener
Hafen 21, 30453 Hannover (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, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: ELECTRIC INPUT DISTRIBUTION IN A REDUNDANT FAIL-OPERATIONAL SYSTEM

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE EINGABEVERTEILUNG IN EINEM REDUNDANTEN FAIL-OPERATIONAL SYSTEM

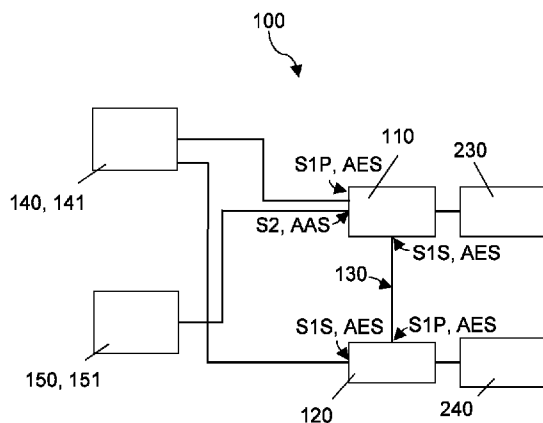


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to, among others, a signal control system (100) for a redundant signal transmission for a vehicle (1). The signal control system (100) comprises a first control unit (110) for actuating at least one primary actuator system (230) and a second control unit (120) for actuating at least one secondary actuator system (240). The first control unit (110) and the second control unit (120) are connected together via a communication connection (130). The signal control system (100) additionally comprises an input unit (140) for providing a signal, wherein the input unit (140) is connected to both the first control unit (110) as well as the second control unit (120) and provides at least one first primary signal (S1P) to the first control unit (110) and at least one first secondary signal (S1S) to the second control unit (120). At least one control unit of the first control unit (110) and the second control unit (120) is designed to carry out a signal plausibility check on the basis of the first primary signal (S1P) and the first secondary signal (S1S). The invention additionally relates to a vehicle control system, to a vehicle (1), and to a signal plausibility checking method.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung umfasst, unter anderem, ein Signalsteuersystem (100) zur redundanten Signalübertragung für ein Fahrzeug (1). Das Signalsteuersystem (100) umfasst eine erste Steuereinheit (110) zur Ansteuerung wenigstens eines primären Aktuatorsystems (230) und eine zweite Steuereinheit (120) zur Ansteuerung wenigstens eines sekundären Aktuatorsystems (240). Die erste Steuereinheit (110) und die zweite Steuereinheit (120) sind über eine Kommunikationsverbindung (130) miteinander verbunden. Das Signalsteuersystem (100) umfasst weiter eine Eingabeeinheit (140) zur Signallerstellung, wobei die Eingabeeinheit (140) sowohl mit der ersten Steuereinheit (110) als auch der zweiten Steuereinheit (120) verbunden ist und

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

mindestens ein erstes primäres Signal (S1P) an der ersten Steuereinheit (110) bereitstellt und mindestens ein erstes sekundäres Signal (S1S) an der zweiten Steuereinheit (120) bereitstellt. Wenigstens eine Steuereinheit der ersten Steuereinheit (110) und der zweiten Steuereinheit (120) ist dafür eingerichtet, eine Signalplausibilitätsprüfung basierend auf dem ersten primären Signal (S1P) und dem ersten sekundären Signal (S1S) auszuführen. Weiter umfasst die vorliegende Erfindung ein Fahrzeugsteuersystem, ein Fahrzeug (1) und ein Signalplausibilitätsprüfungsverfahren.

Elektrische Eingabeverteilung in einem redundanten Fail-operational System

Die vorliegende Erfindung betrifft, unter anderem, ein Signalsteuersystem zur redundanten Signalübertragung für ein Fahrzeug, wobei das Signalsteuersystem eine erste und eine zweite Steuereinheit umfasst. Weiter umfasst die vorliegende Erfindung ein Fahrzeugsteuersystem. Außerdem umfasst die vorliegende Erfindung ein Fahrzeug. Darüber hinaus umfasst die vorliegende Erfindung ein Signalplausibilitätsprüfungs-Verfahren.

Mithilfe neuartiger Steuersysteme und leistungsfähiger Sensorik, sowie Informationsverarbeitungselektrik, wird in Maschinen und Fahrzeugen ein beträchtlicher Automatisierungsgrad ermöglicht. Abhängig vom jeweiligen Automatisierungsgrad können sich Fahrzeuge teilweise oder vollständig autonom bewegen. Die erste Stufe des autonomen Fahrens umfasst das assistierte Fahren. Hierbei wird der Fahrer vom Fahrzeug bei der Fahrzeugführung unterstützt. Als Beispiele sind der Tempomat zu nennen, der eine vom Fahrer gewählte Geschwindigkeit beibehält, sowie der automatische Spurhalteassistent, welcher das Fahrzeug in einer Fahrspur hält. Die zweite Stufe des autonomen Fahrens umfasst das teilautomatisierte Fahren. Hierbei kann das Fahrzeug Aufgaben, wie Spurhalten, Bremsen oder Beschleunigen unter definierten Bedingungen selbstständig ausführen. In der dritten Stufe des autonomen Fahrens wird das hochautomatisierte Fahren gefasst. Der Fahrer darf sich zeitweise von der Fahraufgabe und vom Verkehr abwenden. In bestimmten Verkehrssituationen fährt das Fahrzeug selbstständig und ohne menschliches Eingreifen. Auf Anforderung durch das Fahrzeug muss der Fahrer die Steuerung kurzfristig übernehmen. Die vierte Stufe des autonomen Fahrens umfasst das vollautomatisierte Fahren. Hierbei kann der Fahrer die Fahrzeugführung komplett abgeben und wird zum Passagier. Das Fahrzeug übernimmt Fahrten komplett selbstständig und darf auch ohne Insassen fahren. Passagiere dürfen während der Fahrt abgelenkt sein und beispielsweise schlafen. Weiter erkennt das System seine

Grenzen derart, dass es regelkonform weiter betrieben werden kann. Ein solches Verhalten wird auch als „Fail-operational“ bezeichnet. In der fünften Stufe des autonomen Fahrens gibt es nur noch Passagiere ohne Fahraufgabe. Das Fahrzeug bewältigt alle Fahraufgaben komplett autonom.

Für autonome Fahrzeuge der Stufen zwei bis fünf, insbesondere der Stufen vier und fünf, ist es notwendig, dass das System zur autonomen Steuerung des Fahrzeugs resistent gegen Störungen ist. So können Störungen des Steuerungssystems oder von Komponenten des Steuersystems zu Unfällen mit Schäden am Fahrzeug und/oder den Passagieren führen. Des Weiteren können falsche oder fehlende Signale außerdem die Fahrzeugführung stören. Deshalb ist es notwendig ein Steuersystem, vorzugsweise für ein Fahrzeug, bereitzustellen, welches selbst beim Ausfall von Komponenten robust reagiert und vorzugsweise wenigstens eingeschränkt weiter betrieben werden kann.

Die deutsche Offenlegungsschrift DE 10 2007 035 326 A1 beschreibt eine Bremsvorrichtung, insbesondere eine elektrisch betätigte Kfz-Bremse mit einem Bremspedalsensor zum Aufnehmen eines Bremswunsches, ein mit dem Bremspedalsensor verbundenes Steuergerät und wenigstens einem Bremsaktuator, der vom Steuergerät entsprechend dem Bremswunsch angesteuert wird. Die Ausfallsicherheit der Bremse kann wesentlich verbessert werden, wenn wenigstens zwei Bremspedalsensoren vorgesehen sind, die jeweils einem Steuergerät zugeordnet sind, wobei die Steuergeräte über eine Datenverbindung miteinander verbunden sind.

Ein Fail-Operational System bezeichnet ein System, dass selbst bei Ausfall von mindestens einer Komponente weiter normal oder wenigstens eingeschränkt betrieben werden kann. Fail-Operational Systeme können beispielsweise über redundante Komponenten realisiert werden, die im Falle eines Ausfalls einer Komponente weiter aktiv sind.

Weiter wäre es für teilweise oder vollständig autonom fahrende Fahrzeuge vorteilhaft, wenn Signale zur Steuerung der Aktuatoren des Fahrzeugs redundant übertragen werden würden. Für eine redundante Signalübertragung werden in der Regel Systemkomponenten mehrfach verbaut und parallel zueinander betrieben. Während eines Ausfalls einer Komponente ist dann noch eine weitere Komponente aktiv, die teilweise oder vollständig die fehlerbehaftete Komponente ersetzt.

Das Vorsehen redundanter Komponenten führt jedoch zu einer Vergrößerung des Systems und zu steigender Komplexität bei der Signalübertragung. Es wäre deshalb von Vorteil, ein System bereit zu stellen, dass redundante Signalübertragung ermöglicht und gleichzeitig einfach und kompakt ist. Gleichzeitig wäre es von Vorteil, wenn das System die eigene Funktionstüchtigkeit feststellen kann.

In einem ersten Aspekt der Erfindung umfasst ein Signalsteuersystem zur redundanten Signalübertragung für ein Fahrzeug eine erste Steuereinheit, zur Ansteuerung wenigstens eines primären Aktuatorsystems, und eine zweite Steuereinheit, zur Ansteuerung wenigstens eines sekundären Aktuatorsystems. Weiter sind die erste Steuereinheit und die zweite Steuereinheit über eine Kommunikationsverbindung miteinander verbunden, wobei die erste Steuereinheit und die zweite Steuereinheit dafür eingerichtet sind, sich jeweils gegenseitig vollständig oder teilweise funktional zu ersetzen. Darüber hinaus umfasst das Signalsteuersystem eine Eingabeeinheit zur Signalbereitstellung, wobei die Eingabeeinheit sowohl mit der ersten Steuereinheit als auch der zweiten Steuereinheit verbunden ist und mindestens ein erstes primäres Signal an der ersten Steuereinheit bereitstellt und mindestens ein erstes sekundäres Signal an der zweiten Steuereinheit bereitstellt. Das erste primäre Signal und das erste sekundäre Signal sind teilweise oder vollständig redundant.

Weiter ist die erste Steuereinheit dafür eingerichtet, das erste primäre Signal an der zweiten Steuereinheit über die Kommunikationsverbindung bereitzustellen, und die zweite Steuereinheit ist dafür eingerichtet, das erste sekundäre Signal an der ersten Steuereinheit über die Kommunikationsverbindung bereitzustellen. Alternativ ist die erste Steuereinheit dafür eingerichtet, das erste primäre Signal an der zweiten Steuereinheit über die Kommunikationsverbindung bereitzustellen oder die zweite Steuereinheit ist dafür eingerichtet, das erste sekundäre Signal an der ersten Steuereinheit über die Kommunikationsverbindung bereitzustellen. Wenigstens eine Steuereinheit der ersten Steuereinheit und der zweiten Steuereinheit ist dafür eingerichtet, eine Signalplausibilitätsprüfung basierend auf dem ersten primären Signal und dem ersten sekundären Signal auszuführen.

Die Signalplausibilitätsprüfung wird dafür verwendet, Signale oder von Signalen abgeleitete Signale auf Plausibilität zu prüfen. Der Vergleich findet zwischen mehreren Signalen statt, sodass mehrere Signale gegeneinander geprüft werden. So kann es bei einer Plausibilitätsprüfung von Signalen, die beispielsweise redundant zueinander sind,

erforderlich sein, dass abhängig vom restlichen System, diese Signale miteinander übereinstimmen oder voneinander verschieden sind. Der Vergleich umfasst vorzugsweise aber auch die Prüfung eines Signals oder die Prüfung eines von einem Signal abgeleiteten Signals auf ein zu erwartendes Ergebnis. Vorzugsweise ist ein zu erwartendes Ergebnis in mindestens einer Steuereinheit vorgespeichert. Die Plausibilitätsprüfung prüft dann mindestens ein Signal auf dieses Ergebnis ab. Das Prüfergebnis wird anschließend weiterverarbeitet oder basierend hierauf ein Signal ausgegeben. Vorzugsweise prüft die Signalplausibilitätsprüfung das erste primäre Signal und das erste sekundäre Signal. Die Signalplausibilitätsprüfung bezieht vorzugsweise mindestens ein weiteres Signal in die Prüfung ein.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalsteuersystems ist ein Signalbereitsteller vorgesehen, der ein zweites Signal bereitstellt; wobei der Signalbereitsteller mit der ersten Steuereinheit verbunden ist und das zweite Signal an der ersten Steuereinheit bereitstellt. Der Signalbereitsteller stellt ein Signal bereit und umfasst vorzugsweise eine Mensch-Maschine-Schnittstelle, wie beispielsweise ein Knopf, Hebel, ein vom Benutzer gewählter Status oder ein anderes Eingabemittel. Der Signalbereitsteller umfasst vorzugsweise ein Programm, welches das Signal bereitstellt und vorzugsweise in einem Clouddienst ausgeführt wird. Das zweite Signal umfasst vorzugsweise ein Automatisierungsanforderungssignal. Das zweite Signal umfasst alternativ ein Alarmsignal. Im Falle eines Alarmsignales kann das Signalsteuersystem in einen Alarmzustand versetzt werden. Folgen des Alarmzustandes können vorzugsweise umfassen, dass das System ein Notfallprogramm aktiviert, um das System, welches beispielsweise von einem Fahrzeug umfasst ist, in einen sicheren Zustand zu bringen. Ein sicherer Zustand eines Fahrzeuges bedeutet vorzugsweise, dass sich das Fahrzeug während einer Fahrt sicher aus der Fahrbantrajektorie begibt und zum Stillstand gebracht wird, um Gefahrensituationen zu vermeiden.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalsteuersystems ist die Kommunikationsverbindung dafür eingerichtet, mindestens ein Signal und/oder ein von dem Signal abgeleitetes Signal von der ersten Steuereinheit an die zweite Steuereinheit und/oder von der zweiten Steuereinheit an die erste Steuereinheit zu übermitteln. Hierdurch wird ermöglicht, Signale zwischen erster und zweiter Steuereinheit über die Kommunikationsverbindung auszutauschen. Sollte beispielsweise das Bereitstellen eines ersten Signales an einer ersten Steuereinheit fehlschlagen, so wird vorzugsweise das erste Signal an

der anderen Steuereinheit und anschließend über die Kommunikationsverbindung an der ersten Steuereinheit bereitgestellt.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalsteuersystems ist die Kommunikationsverbindung eine Busverbindung, vorzugsweise eine private Busverbindung, z.B. eine CAN Verbindung, vorzugsweise eine private CAN Verbindung. Die Übertragung über Busverbindungen ermöglicht eine schnelle und universelle Signalübertragung.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalsteuersystems ist oder umfasst die Eingabeeinheit eine Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Anforderung einer Autonomiestufe, und das erste primäre Signal und das erste sekundäre Signal sind oder umfassen ein Automatisierungs-Anforderungssignal. Das Automatisierungsanforderungssignal dient vorzugsweise dazu, eine Automatisierungsstufe anzufordern. Durch das Anfordern einer Automatisierungsstufe trifft das System vorzugsweise Vorbereitungen, um die Automatisierung in einer bestimmten SAE-Stufe zu starten. Dies umfasst vorzugsweise das Prüfen der Bereitschaft der für diese Automatisierungsstufe relevanten Systeme.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalsteuersystems ist oder umfasst der Signalbereitsteller eine Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Aktivierung der Autonomiestufe und das zweite Signal ist oder umfasst ein Automatisierungs-Aktivierungssignal. Das Automatisierungs-Aktivierungssignal aktiviert die Automatisierung. Hierfür sind vorzugsweise die für die Automatisierung relevanten Systeme betriebsbereit. Die für die Automatisierung relevanten Systeme werden vorzugsweise durch das Automatisierungs-Aktivierungssignal in Betriebsbereitschaft versetzt. Sobald Betriebsbereitschaft aller relevanten Systeme vorliegt, wird vorzugsweise eine Automatisierungsstufe aktiviert. Die Automatisierungsstufe ist vorzugsweise eine der Stufen 1-5 des Standards SAE J3016. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist vorzugsweise ein Eingabeelement, wie beispielsweise ein Hebel, ein Knopf, ein UI-Element oder dergleichen. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist vorzugsweise eine Eingabe eines Nutzers. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist vorzugsweise in einer Cloud-Architektur oder als Software hinterlegt.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalsteuersystems ist die Kommunikationsverbindung dafür eingerichtet, mindestens ein Signal oder ein von dem mindestens einen Signal abgeleitetes Signal abgesichert zu übermitteln, vorzugsweise über eine Checksumme. Mithilfe der Absicherung des Signals vorzugsweise über die Checksumme wird

eine sichere Übertragung gewährleistet, sodass das Signal während der Übertragung nicht korumpiert oder durch ein anderes Signal ausgetauscht wird. Die Checksumme wird vorzugsweise über eine Hashfunktion oder weitere Verfahren zur Erstellung einer Checksumme berechnet.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalsteuersystems ist die Kommunikationsverbindung dafür eingerichtet, mehrere Signale in einer Nachricht zu übermitteln. Es ist vorteilhaft mehrere Signale in einer Nachricht zu übermitteln, um die Übertragungsbandbreite zu erhöhen. Mehrere Signale können vorzugsweise zeitlich korreliert sein oder durch die Übermittlung in einer Nachricht zeitlich korreliert werden.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalsteuersystems sind die erste Steuereinheit und die zweite Steuereinheit dafür eingerichtet, bei Empfang mindestens eines Signals einen Empfangszeitpunkt des Signals zu ermitteln und den Zeitstempel aus dem empfangenen Signal abzuleiten.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Signalsteuersystems sind die erste Steuereinheit und die zweite Steuereinheit dafür eingerichtet, bei Empfang mindestens eines Signals einen Empfangszeitpunkt des Signals zu ermitteln oder den Zeitstempel aus dem empfangenen Signal abzuleiten.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Signalsteuersystems ist die erste Steuereinheit oder die zweite Steuereinheit dafür eingerichtet, bei Empfang mindestens eines Signals einen Empfangszeitpunkt des Signals zu ermitteln und den Zeitstempel aus dem empfangenen Signal abzuleiten.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Signalsteuersystems ist die erste Steuereinheit oder die zweite Steuereinheit dafür eingerichtet, bei Empfang mindestens eines Signals einen Empfangszeitpunkt des Signals zu ermitteln oder den Zeitstempel aus dem empfangenen Signal abzuleiten. Durch den Empfangszeitpunkt des Signals oder den Zeitstempel aus dem empfangenen Signal kann auf das Alter des Signals zurückgeschlossen werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Signalsteuersystems sind die erste Steuereinheit und die zweite Steuereinheit dafür eingerichtet, die Signalplausibilitätsprüfung basierend auf dem Empfangszeitpunkt des Signals und/oder einem Zeitstempel des Signals auszuführen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Signalsteuersystems ist die erste Steuereinheit oder die zweite Steuereinheit dafür eingerichtet, die Signalplausibilitätsprüfung basierend auf dem Empfangszeitpunkt des Signals und/oder einem Zeitstempel des Signals auszuführen.

Bei der Signalplausibilitätsprüfung wird vorzugsweise der Empfangszeitpunkt und/oder der Zeitstempel des Signals berücksichtigt. Dadurch können Signale aufgrund des Alters verworfen werden. Weiter wird vorzugsweise mit zeitlicher Übereinstimmung des Empfangszeitpunkts und/oder des Zeitstempels die Validität des Signals mit weiteren Signalen überprüft. Falls Unstimmigkeiten zwischen den Zeitstempeln oder den Empfangszeitpunkten der Signale bestehen, werden die Signal vorzugsweise verworfen oder die Plausibilitätsprüfung gibt vorzugsweise das Ergebnis der Nichtplausibilität aus.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalsteuersystems stellt der Signalbereitsteller das zweite Signal oder das von dem zweiten Signal abgeleitete Signal nur, vorzugsweise ausschließlich, an der ersten Steuereinheit bereit.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalsteuersystems werden das erste primäre Signal und das erste sekundäre Signal zusammen an einer ersten Steuereinheit und zusammen an einer zweiten Steuereinheit bereitgestellt.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalsteuersystems werden das erste primäre Signal und das erste sekundäre Signal zusammen an einer ersten Steuereinheit oder zusammen an einer zweiten Steuereinheit bereitgestellt.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung umfasst ein Fahrzeugsteuersystem zur redundanten Signalübertragung für ein Fahrzeug mit einem Automatisierungsgrad von SAE Level 2 oder höher ein Signalsteuersystem nach einer der vorherigen Ausführungsformen, eine erste Energieversorgung, eine zweite Energieversorgung, mindestens ein primäres Aktuatorsystem, und mindestens ein sekundäres Aktuatorsystem, welches das

primäre Aktuatorsystem teilweise oder vollständig funktional ersetzt. Die erste Energieversorgung versorgt die erste Steuereinheit des Signalsteuersystems und das mindestens eine primäre Aktuatorsystem mit elektrischer Energie. Die erste Steuereinheit des Signalsteuersystems ist mit dem mindestens einen primären Aktuatorsystem verbunden, zur Steuerung des mindestens einen primären Aktuatorsystems. Die zweite Energieversorgung versorgt die zweite Steuereinheit des Signalsteuersystems und das mindestens eine sekundäre Aktuatorsystem mit Energie. Die zweite Steuereinheit des Signalsteuersystems ist mit dem mindestens einen sekundären Aktuatorsystem verbunden, zur Steuerung des mindestens einen sekundären Aktuatorsystems. Das System umfasst vorzugsweise nur eine einzige Energieversorgung. Das Vorsehen mehrerer Energieversorgungen bietet den Vorteil, dass bei Ausfall einer Energieversorgung nur Teile des Systems ohne Energie sind. Weiter ist vorzugsweise jede Energieversorgung eingerichtet, die Komponenten, welche mit der anderen Energieversorgung verbunden sind, mit Energie zu versorgen. So kann das gesamte System selbst beim Ausfall einer Energieversorgung mithilfe einer Energieversorgung weiter betrieben werden.

In einer weiteren Ausführungsform des Fahrzeugsteuersystems ist die Kommunikationsverbindung dafür eingerichtet, mindestens einen ersten Ansteuerungsbefehl der zweiten Steuereinheit für das primäre Aktuatorsystem an der ersten Steuereinheit bereitzustellen und mindestens einen zweiten Ansteuerungsbefehl der ersten Steuereinheit für das sekundäre Aktuatorsystem an der zweiten Steuereinheit bereitzustellen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Fahrzeugsteuersystems ist die Kommunikationsverbindung dafür eingerichtet, mindestens einen ersten Ansteuerungsbefehl der zweiten Steuereinheit für das primäre Aktuatorsystem an der ersten Steuereinheit bereitzustellen oder mindestens einen zweiten Ansteuerungsbefehl der ersten Steuereinheit für das sekundäre Aktuatorsystem an der zweiten Steuereinheit bereitzustellen.

Dies bietet den Vorteil, dass die Ansteuerungen über die Kommunikationsverbindung bereitgestellt werden können.

In einer weiteren Ausführungsform des Fahrzeugsteuersystems ist mindestens eine Steuereinheit der ersten Steuereinheit und der zweiten Steuereinheit, vorzugsweise

beide Steuereinheiten, dafür eingerichtet, eine Fahrzeugautomatisierungsfunktion auszuführen.

In einer weiteren Ausführungsform eines Fahrzeugsteuersystems steuert das Fahrzeugsteuersystem das Fahrzeug teilweise oder vollständige autonom.

In einer weiteren Ausführungsform eines Fahrzeugsteuersystems umfasst das Fahrzeugsteuerungssystem mindestens einen virtuellen Fahrer, zur teilweise oder vollständigen autonomen Steuerung des Fahrzeugs.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung umfasst ein Fahrzeug ein Fahrzeugsteuersystem nach einer der vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen des Fahrzeugsteuersystems gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung, wobei das primäre Aktuatorssystem ein primäres Bremssystem umfasst und das sekundäre Aktuatorssystem ein sekundäres Bremssystem umfasst.

In einer weiteren Ausführungsform umfasst das Fahrzeug mindestens einen virtuellen Fahrer, zur teilweise oder vollständigen autonomen Steuerung des Fahrzeugs.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung umfasst ein Signalplausibilitätsprüfungs-Verfahren mindestens eines Signals, unter Verwendung eines Signalsteuersystems zur redundanten Signalübertragung für ein Fahrzeug, ein Signalsteuersystem, welches eine erste Steuereinheit zur Ansteuerung mindestens eines ersten Aktuatorsystems und eine zweite Steuereinheit zur Ansteuerung mindestens eines zweiten Aktuatorsystems umfasst, und wobei die erste Steuereinheit und die zweite Steuereinheit über eine Kommunikationsverbindung miteinander verbunden sind. Die erste Steuereinheit und die zweite Steuereinheit sind dafür eingerichtet, sich jeweils gegenseitig vollständig oder teilweise funktional zu ersetzen. Weiter umfasst das Signalsteuersystem eine Eingabeeinheit zur Signalbereitstellung, wobei die Eingabeeinheit mit der ersten Steuereinheit und mit der zweiten Steuereinheit verbunden ist und mindestens ein erstes primäres Signal an der ersten Steuereinheit und ein erstes sekundäres Signal an der zweiten Steuereinheit bereitstellt. Die erste Steuereinheit ist dazu eingerichtet, das erste primäre Signal an der zweiten Steuereinheit über die Kommunikationsverbindung bereitzustellen, und die zweite Steuereinheit ist dazu eingerichtet, das erste sekundäre Signal an der ersten Steuereinheit über die Kommunikationsverbindung bereitzustellen, wobei wenigstens

eine Steuereinheit der ersten Steuereinheit und der zweiten Steuereinheit dazu eingerichtet ist, eine Signalplausibilitätsprüfung auszuführen. Weiter umfasst das Signalplausibilitätsprüfungs-Verfahren folgende Schritte: Bereitstellen eines ersten primären Signals der Eingabeeinheit an der ersten Steuereinheit und eines ersten sekundären Signals an der zweiten Steuereinheit; Übermitteln des ersten sekundären Signals von der zweiten Steuereinheit an die erste Steuereinheit; Überprüfen, mithilfe der ersten Steuereinheit, der Signalplausibilität des ersten primären Signals und der Signalplausibilität des ersten sekundären Signals; Ausgeben eines Fehlersignals, basierend auf dem Ergebnis der Prüfung. Bei Feststellung fehlender Signalplausibilität gibt vorzugsweise die erste oder die zweite Steuereinheit ein Fehlersignal aus. Das Fehlersignal wird vorzugsweise an weitere Komponenten des Signalsteuersystems weitergeleitet. So kann beispielsweise, ein Fahrzeug, welches das Signalsteuersystem umfasst, auf das Fehlersignal reagieren und Maßnahmen einleiten, wie beispielsweise dem Fahrer die fehlende Signalplausibilität signalisieren. Umfasst das Fahrzeug mindestens einen virtuellen Fahrer, zeigt es dem virtuellen Fahrer vorzugsweise an, eine Geschwindigkeitsanpassung, eine Änderung der Fahrzeugtrajektorie oder dergleichen vorzunehmen. Bei Feststellung von Signalplausibilität setzt das Fahrzeug mit mindestens einem virtuellen Fahrer seine Fahrt in der Regel ohne Änderung fort. Sollte das Fahrzeug über keinen virtuellen Fahrer verfügen, zeigt es vorzugsweise dem Fahrer an, dass Signalplausibilität vorliegt.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalplausibilitätsprüfungs-Verfahrens umfasst das Signalsteuersystem einen Signalbereitsteller, der ein zweites Signal bereitstellt, wobei der Signalbereitsteller mit der ersten Steuereinheit verbunden ist und das zweite Signal an der ersten Steuereinheit bereitstellt, und wobei die Signalplausibilitätsprüfung basierend auf dem zweiten Signal ausgeführt wird.

In einer weiteren Ausführungsform des Signalplausibilitätsprüfungs-Verfahrens bestimmt die zweite Steuereinheit bei Empfang des ersten primären Signals oder des ersten sekundären Signals einen Empfangszeitpunkt oder liest einen Zeitstempel des ersten primären Signals und des ersten sekundären Signals aus und berücksichtigt diese Information bei der Plausibilitätsprüfung.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Signalplausibilitätsprüfungs-Verfahrens bestimmt die zweite Steuereinheit bei Empfang des ersten primären Signals oder des ersten sekundären Signals einen Empfangszeitpunkt oder liest einen Zeitstempel

des ersten primären Signals oder des ersten sekundären Signals aus und berücksichtigt diese Information bei der Plausibilitätsprüfung.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Signalplausibilitätsprüfungs-Verfahrens bestimmt die zweite Steuereinheit bei Empfang des ersten primären Signals und des ersten sekundären Signals einen Empfangszeitpunkt oder liest einen Zeitstempel des ersten primären Signals und des ersten sekundären Signals aus und berücksichtigt diese Information bei der Plausibilitätsprüfung.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Signalplausibilitätsprüfungs-Verfahrens bestimmt die zweite Steuereinheit bei Empfang des ersten primären Signals und des ersten sekundären Signals einen Empfangszeitpunkt oder liest einen Zeitstempel des ersten primären Signals oder des ersten sekundären Signals aus und berücksichtigt diese Information bei der Plausibilitätsprüfung.

Ein von einem Signal abgeleitetes Signal umfasst vorzugsweise eine verarbeitete Ableitung aus dem Signal. Weiter umfasst das abgeleitete Signal vorzugsweise auch das Signal. Das abgeleitete Signal ist vorzugsweise ein aus dem Signal neu erstelltes Signal. Das abgeleitete Signal ist vorzugsweise das Signal selber.

Eine Steuereinheit ist vorzugsweise eine handelsübliche Steuereinheit. Die Steuereinheit umfasst vorzugsweise einen programmierten oder programmierbaren Schaltkreis. Die Steuereinheit umfasst vorzugsweise ein FPGA, ein IC, wie beispielsweise ein ASIC, ein Chip oder anderweitiges. Die Steuereinheit umfasst vorzugsweise eine Schaltlogik, beispielsweise zur Ausführung der Signalplausibilitätsprüfung oder zum Bereitstellen von Ansteuerungen an ein angeschlossenes Aktuatorensystem.

Bei mehreren Steuereinheiten ersetzen sich die Steuereinheiten vorzugsweise funktional teilweise oder vollständig. Beispielsweise sind vorzugsweise beide Steuereinheiten vom gleichen Typ. Eine Steuereinheit ist vorzugsweise von einem anderen Typ und umfasst vorzugsweise eine weniger komplexe Schaltlogik oder eine komplexere Schaltlogik, als die jeweils andere Steuereinheit.

Eine Energieversorgung umfasst vorzugsweise eine Batterie oder eine anderweitige Energiequelle, wie beispielsweise eine Schnittstelle für eine externe Energieversorgung,

welche Energie für das System bereitstellt. Die Energieversorgung umfasst vorzugsweise Sonnenkollektoren. Die Energieversorgungen sind vorzugsweise von gleicher Art. Vorzugsweise sind die Energieversorgungen unterschiedlich ausgestaltet. Vorzugsweise handelt es sich bei mehreren Energieversorgungen um jeweils unterschiedliche Batterietypen oder um eine Batterie und eine anderweitige, vorzugsweise stationäre, Energieversorgung. Durch die erhöhte Diversität kann die Funktionstüchtigkeit wenigstens einer Batterie in unterschiedlichen Umgebungen, wie beispielsweise in sehr kalten oder sehr warmen Umgebungen, sichergestellt werden. In einigen Ausführungsformen umfasst jede Komponente der Systeme eine eigene Energieversorgung.

Bei Absicherung eines Signals mit einer Checksumme für die Übertragung an eine Steuereinheit wird die Checksumme vorzugsweise aus dem Signal berechnet. Folglich kann bei Übermittlung des Signals sowie der Checksumme durch abermaliges Bestimmen der Checksumme in der Steuereinheit, welche das Signal empfangen hat, aus dem Signal sichergestellt werden, dass das Signal während der Übertragung nicht korumpiert wurde.

Die verschiedenen Komponenten der Systeme sind in den Figuren als miteinander verbunden dargestellt. Dabei sind die Komponenten vorzugsweise miteinander physisch oder über Funk verbunden. Weiter sind vorzugsweise in den Verbindungen weitere Komponenten dazwischengeschaltet. Es bestehen vorzugsweise auch weitere Verbindungen zwischen den Komponenten, die nicht in den Figuren eingezeichnet sind.

Ein Fahrzeug kann ein erfindungsgemäßes Fahrzeugsteuersystem umfassen. Vorzugsweise können Fahrzeuge wie Nutzfahrzeuge, vorzugsweise LKWs, oder Personenfahrzeuge, wie beispielsweise PKWs, Fahrräder, elektrische Scooter oder Motorräder, ein erfindungsgemäßes Fahrzeugsteuersystem umfassen. Ein Fahrzeug ist vorzugsweise ein schienengebundenes Fahrzeug, ein Schiff oder ein Luftfahrzeug.

Die Signalplausibilitätsprüfung umfasst vorzugsweise eine Schwellenprüfung, bei der mindestens ein Signal oder eine Ableitung davon eine gewisse Schwelle eines Potentials überschreiten muss. Weiter prüft die Signalplausibilitätsprüfung vorzugsweise auf steigende oder fallende Flanken eines Signals. Beispielsweise liefert die Signalplausibilitätsprüfung vorzugsweise ein positives Ergebnis, wenn auf eine fallende Flanke eines

ersten Signals eine steigende Flanke eines zweiten Signals folgt. Diese Folge kann innerhalb eines gewissen Zeitfensters, beispielsweise innerhalb von 10 ms, erfolgen.

Die Signale umfassen vorzugsweise kontinuierliche Signale bzw. Signalabschnitte. Die Signale umfassen vorzugsweise aber auch toggelnde Signale bzw. Signalabschnitte. Die Signale umfassen vorzugsweise einzelne Potentialunterschiede. Toggelnd bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das Signal zeitlich zwischen zwei oder mehr Signalpegeln hin- und her wechselt. Kontinuierlich bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich das Signal zeitlich kaum oder nicht ändert.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Signalsteuersystem;

Fig. 1a zeigt eine erfindungsgemäße High-Level E/E Architektur (Criss-Cross Switch);

Fig. 1b zeigt eine erfindungsgemäße High-Level E/E Architektur (Two Opener Switch);

Fig. 1c zeigt eine erfindungsgemäße High-Level E/E Architektur (Two Closer Switch);

Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Fahrzeugsteuersystem, umfassend ein erfindungsgemäßes Signalsteuersystem;

Fig. 3 zeigt ein erfindungsgemäßes Fahrzeug, umfassend ein erfindungsgemäßes Fahrzeugsteuersystem; und

Fig. 4 zeigt eine Folge von Verfahrensschritten, zur Signalplausibilitätsprüfung.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Signalsteuersystem 100. Das Signalsteuersystem 100 umfasst mindestens eine erste Steuereinheit 110 und mindestens eine zweite Steuereinheit 120. Weiter umfasst das Signalsteuersystem 100 mindestens eine erste Eingabeeinheit 140. Die erste Eingabeeinheit 140 umfasst vorzugsweise eine Mensch-Maschine-Schnittstelle 141. Die erste Eingabeeinheit 140 umfasst vorzugsweise auch eine

Maschine-Maschine-Schnittstelle 141, welche mindestens ein Signal empfängt und vorzugsweise mindestens ein Signal bereitstellt. Beispielsweise umfasst die erste Eingabeeinheit 140 ein Funkmodul, an welchem Signale über Funk oder kabelgebunden bereitgestellt werden.

Die erste Eingabeeinheit 140 ist vorzugsweise mit der ersten Steuereinheit 110 und der zweiten Steuereinheit 120 verbunden. Die erste Eingabeeinheit 140 ist vorzugsweise mit der ersten Steuereinheit 110 oder der zweiten Steuereinheit 120 verbunden. Die Verbindung kann vorzugsweise mechanisch oder elektronisch sein. Die Verbindung kann auch als Funkverbindung bestehen. Die Verbindung kann vorzugsweise kontinuierlich bestehen. Vorzugsweise kann die Verbindung auch zeitweise vorhanden sein.

Die erste Eingabeeinheit 140 stellt vorzugsweise mindestens ein erstes primäres Signal S1P und/oder ein erstes sekundäres Signal S1S bereit. Das erste primäre Signal S1P wird vorzugsweise an der ersten Steuereinheit 110 bereitgestellt. Das erste sekundäre Signal S1S wird vorzugsweise an der zweiten Steuereinheit 120 bereitgestellt. Das erste sekundäre Signal S1S kann vorzugsweise ein sekundäres Automatisierungs-Anforderungssignal AES sein. Das erste primäre Signal S1P kann vorzugsweise ein primäres Automatisierungs-Anforderungssignal AES sein. Das Automatisierungs-Anforderungssignal AES kann vorzugsweise eine Automatisierungsstufe anfordern.

Das Signalsteuersystem 100 umfasst vorzugsweise einen Signalbereitsteller 150. Der Signalbereitsteller 150 stellt vorzugsweise mindestens ein zweites Signal S2 bereit, vorzugsweise an der ersten Steuereinheit. Das zweite Signal umfasst vorzugsweise ein Automatisierungs-Aktivierungssignal AAS. Der Signalbereitsteller 150 umfasst vorzugsweise eine Mensch-Maschine-Schnittstelle 151. Die Maschine-Maschine-Schnittstelle ist vorzugsweise so ausgebildet, dass an dieser Signale über Funk oder kabelgebunden bereitgestellt werden. Diese Signale oder von diesen abgeleitete Signale werden vorzugsweise dann an der ersten Steuereinheit 110 in Form des zweiten Signals S2 bereitgestellt.

Des Weiteren umfasst das Signalsteuersystem 100 vorzugsweise eine Kommunikationsverbindung 130. Die Kommunikationsverbindung 130 ist vorzugsweise mit der ersten Steuereinheit 110 und der zweiten Steuereinheit 120 verbunden. Die Kommunikationsverbindung 130 umfasst vorzugsweise einen CAN, vorzugsweise einen privaten

CAN. Die Kommunikationsverbindung 130 umfasst vorzugsweise einen BUS, vorzugsweise einen privaten BUS. Die Kommunikationsverbindung 130 stellt vorzugsweise ein erstes primäres Signal S1P, oder eine Ableitung des ersten primären Signals S1P, welches an der ersten Steuereinheit 110 bereitgestellt wurde, an der zweiten Steuereinheit 120 bereit. In einer ähnlichen Weise stellt die Kommunikationsverbindung 130 vorzugsweise ein erstes sekundäres Signal S1S, oder eine Ableitung des ersten sekundären Signals S1S, welches an der zweiten Steuereinheit 120 bereitgestellt wurde, an der ersten Steuereinheit 110 bereit.

Die erste Steuereinheit 110 ist vorzugsweise mit einem primären Aktuatorsystem 230 verbunden. Die zweite Steuereinheit 120 ist vorzugsweise mit einem sekundären Aktuatorsystem 240 verbunden. So steuert vorzugsweise jede Steuereinheit 110, 120 jeweils ein Aktuatorsystem 230, 240 an. Jede Steuereinheit 110, 120 ist auch vorzugsweise mit dem jeweils anderen Aktuatorsystem 230, 240 verbunden oder jede Steuereinheit 110, 120 ist vorzugsweise mit jedem Aktuatorsystem 230, 240 verbunden.

Die erste Steuereinheit 110 und die zweite Steuereinheit 120 sind vorzugsweise dafür eingerichtet, eine Signalplausibilitätsprüfung auszuführen. Dabei prüft die erste Steuereinheit 110 bzw. die zweite Steuereinheit 120, ob das empfangene Signal plausibel ist. Beispielsweise sind vorzugsweise mehrere Signale oder daraus abgeleitete Signale zeitlich nacheinander oder gleichzeitig an einer der ersten Steuereinheit 110 und zweiten Steuereinheit 120 bereitgestellt. Die erste Steuereinheit 110 bzw. zweite Steuereinheit 120 prüft vorzugsweise die bereitgestellten Signale oder Ableitungen von Signalen auf Plausibilität, vorzugsweise durch einen Vergleich miteinander. Alternativ umfasst die Plausibilitätsprüfung eine Berechnung, bei der die Signale oder Ableitungen der Signale miteinbezogen werden. Diese Berechnung umfasst vorzugsweise auch das Alter der Signale oder den Zeitpunkt der Signalbereitstellung an der ersten Steuereinheit 110 bzw. zweiten Steuereinheit 120.

Weiter ist die erste Steuereinheit 110 vorzugsweise so eingerichtet, dass sie eines der bereitgestellten Signale (erstes primäres Signal S1P, zweites Signal S2, erstes sekundäres Signal S1S) ändert, oder vorzugsweise invertiert. Die erste Steuereinheit 110 ist vorzugsweise so eingerichtet, dass sie mindestens ein bereitgestelltes Signal ändert, oder vorzugsweise invertiert. Die zweite Steuereinheit 110 ist vorzugsweise so einge-

richtet, dass sie mindestens ein bereitgestelltes Signale S1S, S1P ändert, oder vorzugsweise invertiert. Weiter stellt der Signalbereitsteller 150 in einer bevorzugten Ausführungsform auch direkt ein Signal S2, AAS an der zweiten Steuereinheit 120 bereit.

Die erste Steuereinheit 110 und die zweite Steuereinheit 120 ersetzen sich vorzugsweise jeweils gegenseitig teilweise oder vollständig. Das erste primäre Signal S1P und das erste sekundäre Signal S1S können beide einem ersten Signal S1 entsprechen oder von diesem abgeleitet sein. Durch die Bereitstellung des ersten primären Signals S1P an der ersten Steuereinheit 110 und des ersten sekundären Signals S1S an der zweiten Steuereinheit 120 kann sichergestellt werden, dass das erste Signal S1 redundant im Signalsteuersystem 100 bereitgestellt wird. Durch die Redundanz von Steuereinheiten 110, 120 und die redundante Bereitstellung von Signalen S1P, S1S wird sichergestellt, dass selbst bei Ausfall einzelner Komponenten, wie beispielsweise einer Steuereinheit 110, 120 des Signalsteuersystems 100 das Signalsteuersystem 100 noch vollständig oder teilweise funktionstüchtig (fail-operational) ist.

Figs. 1a, 1b und 1c zeigen erfindungsgemäße High-Level E/E Architekturen. Diese Architekturen sind vorzugsweise in einem Signalsteuersystem 100 umgesetzt. Fig. 1a zeigt die Architektur in der Criss-Cross Switch Art. Die erste Steuereinheit 110 und der Signalbereitsteller 150, 151 sind vorzugsweise mit einer Erdung GND verbunden. Die erste Steuereinheit 110 ist vorzugsweise mit der zweiten Steuereinheit 120 über eine CAN Verbindung verbunden. Die erste Steuereinheit 110 umfasst vorzugsweise ein erstes Monitoring. Die zweite Steuereinheit 120 umfasst vorzugsweise ein zweites Monitoring. Das Monitoring wird vorzugsweise zur Signalplausibilitätsprüfung verwendet. Die erste Eingabeeinheit 140, 141 umfasst vorzugsweise eine Schaltungselektrik und einen ersten Pin PIN1, sowie einen zweiten PIN2. PIN1 ist mit der ersten Steuereinheit 110 verbunden und PIN2 ist mit der zweiten Steuereinheit 120 verbunden. PIN1 stellt vorzugsweise an der ersten Steuereinheit 110 ein erstes primäres Signal S1P, AES bereit. PIN2 stellt vorzugsweise an der zweiten Steuereinheit 120 ein erstes sekundäres Signal S1S, AES bereit. Der Signalbereitsteller 150, 151 stellt vorzugsweise ein zweites Signal S2, AAS an der ersten Steuereinheit 110 bereit. Der Signalbereitsteller 150, 151 umfasst vorzugsweise eine Schaltungselektronik, die verschiedene Schalterstellungen aufweisen kann. In Figs. 1a, 1b und 1c ist die Schalterstellung als offen gezeigt, wobei jede andere Schalterstellung, beispielsweise eine geschlossene Schalterstellung, möglich ist. Die Schaltungselektronik kann vorzugsweise die Schaltstellungen zweier Schalter

beeinflussen, wobei jeder Schalter mit einem Pin PIN1, PIN2 verbunden ist. Vorzugsweise ist die Schaltstellung des ersten Schalters eine andere, als die Schaltstellung des zweiten Schalters. In Fig. 1b ist die Schaltstellung des ersten Schalters die gleich, wie die Schaltstellung des zweiten Schalters. Beide Schalterstellungen werden als geschlossen bezeichnet. Diese erfindungsgemäße High-Level E/E Architektur wird als Two Opener-Switch bezeichnet. In Fig. 1c ist die Schaltstellung des ersten Schalters die gleiche, wie die Schaltstellung des zweiten Schalters. Beide Schalterstellungen werden als geöffnet bezeichnet. Diese erfindungsgemäße High-Level E/E Architektur wird als Two Closer-Switch bezeichnet.

Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Fahrzeugsteuersystem 200. Das Fahrzeugsteuersystem 200 umfasst vorzugsweise ein Signalsteuersystem 100 nach einer erfindungsgemäßen Ausführungsform. Weiter umfasst das Fahrzeugsteuersystem 200 vorzugsweise mindestens eine erste Energieversorgung 210 und mindestens eine zweite Energieversorgung 220.

Das primäre Aktuatorsystem 230 umfasst vorzugsweise ein primäres Bremssystem 231. Weiter umfasst das primäre Aktuatorsystem 230 vorzugsweise ein primäres Lenksystem 232. Das primäre Lenksystem 232 umfasst vorzugsweise Aktuatoren zur Lenkung des Fahrzeugs 1. Das primäre Aktuatorsystem 230 umfasst vorzugsweise einen weiteren primären Aktuator P. Das primäre Aktuatorsystem 230 ist vorzugsweise mit der ersten Energieversorgung 210 verbunden und wird von dieser mit Energie versorgt.

Das sekundäre Aktuatorsystem 240 umfasst vorzugsweise ein sekundäres Bremssystem 241. Weiter umfasst das sekundäre Aktuatorsystem 240 vorzugsweise ein sekundäres Lenksystem 242. Das sekundäre Lenksystem 242 umfasst vorzugsweise Aktuatoren zur Lenkung des Fahrzeugs 1. Das sekundäre Aktuatorsystem 240 umfasst vorzugsweise einen weiteren sekundären Aktuator S. Das sekundäre Aktuatorsystem 240 ist vorzugsweise mit der zweiten Energieversorgung 220 verbunden und wird von dieser mit Energie versorgt.

Außerdem ist vorzugsweise das primäre Aktuatorsystem 230 mit der zweiten Energieversorgung 220 und das sekundäre Aktuatorsystem 240 mit der ersten Energieversorgung 210 verbunden. Des Weiteren ist vorzugsweise das primäre Aktuatorsystem 230 mit der zweiten Energieversorgung 220 oder das sekundäre Aktuatorsystem 240 mit der ersten Energieversorgung 210 verbunden. Bei Ausfall einer Energieversorgung 220, 230 fällt nicht auch das jeweilige Aktuatorsystem 230, 240 aus, sondern kann mit der jeweils anderen Energieversorgung weiterbetrieben werden.

Das erste Aktuatorsystem 230 und das zweite Aktuatorsystem 240 sind vorzugsweise über eine CAN oder eine BUS Verbindung, vorzugsweise eine private CAN oder BUS Verbindung, miteinander verbunden.

Weiter sind vorzugsweise das primäre Bremssystem 231 und das sekundäre Bremssystem 241 miteinander verbunden. Vorzugsweise sind das primäre Lenksystem 232 und das sekundäre Lenksystem 242 miteinander verbunden.

Die erste Steuereinheit 110 und die zweite Steuereinheit 120 sind vorzugsweise mit einem gemeinsamen Antriebsstrang 160 verbunden. Der Antriebsstrang 160 beschleunigt das Fahrzeug 1 und treibt somit das Fahrzeug 1 an.

Ein primärer virtueller Fahrer PVD ist vorzugsweise mit der ersten Steuereinheit 110 verbunden. Weiter ist vorzugsweise ein sekundärer virtueller Fahrer SVD mit der zweiten Steuereinheit 120 verbunden.

Die Kommunikationsverbindung 130 stellt vorzugsweise mindestens einen ersten Ansteuerungsbefehl AS1 der zweiten Steuereinheit 120 für das primäre Aktuatorsystem 230 an der ersten Steuereinheit 110 bereit. Die Kommunikationsverbindung 130 stellt vorzugsweise mindestens einen zweiten Ansteuerungsbefehl AS2 der ersten Steuereinheit 110 für das sekundäre Aktuatorsystem 240 an der zweiten Steuereinheit 120 bereit.

Die erste Eingabeeinheit 140 ist vorzugsweise mit der mindestens ersten Energieversorgung 210 und der mindestens zweiten Energieversorgung 220 verbunden. Alternativ ist die erste Eingabeeinheit 140 vorzugsweise mit der mindestens ersten Energieversorgung 210 oder der mindestens zweiten Energieversorgung 220 verbunden. Der Signal-

bereitsteller 150 ist vorzugsweise ebenfalls mit der mindestens ersten Energieversorgung 210 und der mindestens zweiten Energieversorgung 220 verbunden. Alternativ ist die zweite Eingabeeinheit 150 vorzugsweise ebenfalls mit der mindestens ersten Energieversorgung 210 oder der mindestens zweiten Energieversorgung 220 verbunden.

Fig. 3 stellt ein Fahrzeug 1 dar, welches ein erfindungsgemäßes Fahrzeugsteuersystem 200 umfasst. Das Fahrzeugsteuersystem 200 umfasst vorzugsweise eine erste Steuereinheit 110 und eine zweite Steuereinheit 120, die miteinander über eine Kommunikationsverbindung 130 verbunden sind. Weiter ist vorzugsweise eine Eingabeeinheit 140 mit der ersten Steuereinheit 110 und der zweiten Steuereinheit 120 verbunden. Ein Signalbereitsteller 150 ist mit der ersten Steuereinheit 110 verbunden. Ein primäres Aktuatorsystem 230 ist mit der ersten Steuereinheit 110 verbunden. Die erste Steuereinheit 110 stellt vorzugsweise ein erstes Ansteuerungssignal AS1 an dem primären Aktuatorsystem 230 bereit. Die zweite Steuereinheit 120 stellt vorzugsweise ein zweites Ansteuerungssignal AS2 an einem sekundären Aktuatorsystem 240 bereit. Das primäre Aktuatorsystem 230 ist vorzugsweise mit einem primären Bremssystem 231 verbunden. Das sekundäre Aktuatorsystem 240 ist vorzugsweise mit einem sekundären Bremssystem 241 verbunden. Das primäre Aktuatorsystem 230 und das sekundäre Aktuatorsystem 240 sind vorzugsweise miteinander verbunden. Die erste Steuereinheit 110 und die zweite Steuereinheit 120 sind vorzugsweise mit einem Antriebsstrang 160 verbunden. Das primäre Bremssystem 231 und das sekundäre Bremssystem 241 sind vorzugsweise miteinander verbunden.

Ein primärer virtueller Fahrer PVD ist vorzugsweise mit der ersten Steuereinheit 110 verbunden. Ein sekundärer virtueller Fahrer SVD ist vorzugsweise mit der zweiten Steuereinheit 120 verbunden. Der primäre virtuelle Fahrer PVD und der sekundäre virtuelle Fahrer SVD können bevorzugt miteinander verbunden sein. Eine erste Energieversorgung 210 ist vorzugsweise mit dem ersten virtuellen Fahrer PVD, der ersten Steuereinheit 110, dem primären Aktuatorsystem 230, der Eingabeeinheit 140 und dem Signalbereitsteller 150 verbunden. Eine zweite Energieversorgung 220 ist vorzugsweise mit dem sekundären virtuellen Fahrer SVD, der zweiten Steuereinheit 120, dem sekundären Aktuatorsystem 240 und der Eingabeeinheit 140 verbunden.

Das Fahrzeug 1 ist vorzugsweise ein Nutzfahrzeug oder ein Personenfahrzeug, vorzugsweise ein Personenkraftwagen oder ein Motorrad.

Fig. 4 stellt ein erfindungsgemäßes Signalplausibilitätsprüfungs-Verfahren dar. Das Verfahren umfasst eine Folge von Schritten M1, M2, M3 und M4, die nacheinander oder wenigstens teilweise gleichzeitig ausgeführt werden können. Das Signalplausibilitätsprüfungs-Verfahren wird unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Signalsteuersystems 100 ausgeführt.

In einem ersten Schritt M1 wird ein erstes primäres Signal S1P der Eingabeeinheit 140 an der ersten Steuereinheit 110 bereitgestellt und ein erstes sekundäres Signal S1S wird an der zweiten Steuereinheit 120 bereitgestellt.

In einem zweiten Schritt M2 wird das erste sekundäre Signal S1S von der zweiten Steuereinheit 120 an die erste Steuereinheit 110 übertragen. Alternativ wird auch das erste primäre Signal S1P von der ersten Steuereinheit 110 an die zweite Steuereinheit 120 übertragen.

Der dritte Schritt M3 umfasst das Überprüfen der Signalplausibilität des ersten primären Signals S1P und der Signalplausibilität des ersten sekundären Signals S1S mithilfe der ersten Steuereinheit 110. In einer alternativen Ausführungsform wird dieser Schritt auch mithilfe der zweiten Steuereinheit 120 oder sowohl der ersten Steuereinheit 110 und der zweiten Steuereinheit 120 durchgeführt.

In einem vierten Schritt M4 wird, basierend auf dem Ergebnis der Prüfung, ein Fehler-signal ausgegeben werden. Falls die Prüfung keine fehlende Plausibilität zeigen sollte, wird vorzugsweise stattdessen kein Signal oder ein Plausibilitätssignal ausgegeben. Das Ergebnis der Prüfung wird vorzugsweise von einer Steuereinheit 110, 120 verwendet werden, um eine Aktuation der primären und der sekundären Aktuatoren 230, 240 bereitzustellen. Alternativ wird das Ergebnis der Prüfung vorzugsweise von einer der ersten Steuereinheit 110 und der zweiten Steuereinheit 120 verwendet werden, um eine Aktuation der primären Aktuatoren 230 oder der sekundären Aktuatoren 240 bereitzustellen.

Das Verfahren umfasst vorzugsweise weitere Schritte, die unabhängig von der Reihenfolge ausgeführt werden können, außer, wo dies nicht möglich ist. Beispielsweise erfolgt vorzugsweise nach Schritt M3 noch eine Rückübertragung des Ergebnisses von einer Steuereinheit an die jeweils andere Steuereinheit. Die andere Steuereinheit bezieht

dann vorzugsweise das Ergebnis in einer Prüfung ein oder verarbeitet es anderweitig weiter. Die Steuereinheit stellt vorzugsweise das Ergebnis des Verfahrens nach außen, beispielsweise an ein Fahrzeug, mit.

Bei der Prüfung der Plausibilität des Signals wird vorzugsweise das Alter des Signals berücksichtigt. Hierfür wird vorzugsweise aus dem Signal eine Zeitangabe, wie beispielsweise ein Zeitstempel, entnommen. Alternativ wird vorzugsweise bei Bereitstellung oder Empfang eines Signals ein Zeitpunkt von der ersten Steuereinheit 110 bzw. der zweiten Steuereinheit 120, an welcher das Signal bereitgestellt wird, bestimmt, der im weiteren Signalplausibilitätsprüfungsverfahren verwendet wird. Vorzugsweise werden vorzugsweise Signale mit einem zu hohen oder zu niedrigem Alter verworfen. Es kann auch ein Zeitfenster basierend auf dem Alter eines ersten Signals gesetzt werden, dem das Alter eines weiteren Signales entsprechen muss. Sollte dies nicht der Fall sein, können beide Signale als nicht miteinander korreliert verstanden werden.

Vorzugsweise werden Signale gleichen Alters miteinander verglichen.

Bezugszeichenliste (Teil der Beschreibung):

1	Fahrzeug
100	Signalsteuersystem
110	erste Steuereinheit
120	zweite Steuereinheit
130	Kommunikationsverbindung
140	Eingabeeinheit
141	Mensch-Maschine Schnittstelle
150	Signalbereitsteller
151	Mensch-Maschine Schnittstelle
160	Antriebsstrang
230	primäres Aktuatorsystem
231	primäres Bremssystem
232	primäres Lenksystem
240	sekundäres Aktuatorsystem
241	sekundäres Bremssystem
242	sekundäres Lenksystem
S1P	erstes primäres Signal
S1S	erstes sekundäres Signal
S2	zweites Signal
AAS	Automatisierungs-Aktivierungssignal
AES	Automatisierungs-Anforderungssignal
AS1	erster Ansteuerungsbefehl
AS2	zweiter Ansteuerungsbefehl
PVD	primärer virtueller Fahrer
SVD	sekundärer virtueller Fahrer

Patentansprüche:

1. Signalsteuersystem (100) zur redundanten Signalübertragung für ein Fahrzeug (1), umfassend:
 - eine erste Steuereinheit (110) zur Ansteuerung wenigstens eines primären Aktuatorsystems (230); und
 - eine zweite Steuereinheit (120) zur Ansteuerung wenigstens eines sekundären Aktuatorsystems (240); und
 - wobei die erste Steuereinheit (110) und die zweite Steuereinheit (120) über eine Kommunikationsverbindung (130) miteinander verbunden sind,
 - wobei die erste Steuereinheit (110) und die zweite Steuereinheit (120) dafür eingerichtet sind, sich jeweils gegenseitig vollständig oder teilweise funktional zu ersetzen;
 - eine Eingabeeinheit (140) zur Signalbereitstellung, wobei die Eingabeeinheit (140) sowohl mit der ersten Steuereinheit (110) als auch der zweiten Steuereinheit (120) verbunden ist und mindestens ein erstes primäres Signal (S1P) an der ersten Steuereinheit (110) bereitstellt und mindestens ein erstes sekundäres Signal (S1S) an der zweiten Steuereinheit (120) bereitstellt, wobei das erste primäre Signal (S1P) und das erste sekundäre Signal (S1S) teilweise oder vollständig redundant sind;
 - wobei die erste Steuereinheit (110) dafür eingerichtet ist, das erste primäre Signal (S1P) an der zweiten Steuereinheit (120) über die Kommunikationsverbindung (130) bereitzustellen, und/oder wobei die zweite Steuereinheit (120) dafür eingerichtet ist, das erste sekundäre Signal (S1S) an der ersten Steuereinheit (110) über die Kommunikationsverbindung (130) bereitzustellen; und
 - wobei wenigstens eine Steuereinheit der ersten Steuereinheit (110) und der zweiten Steuereinheit (120) dafür eingerichtet ist, eine Signalplausibilitätsprüfung basierend auf dem ersten primären Signal (S1P) und dem ersten sekundären Signal (S1S) auszuführen.
2. Signalsteuersystem (100) nach Anspruch 1, weiter umfassend einen Signalbereitsteller (150), der ein zweites Signal (S2) bereitstellt; wobei der Signalbereitsteller (150) mit der ersten Steuereinheit (110) verbunden ist und das zweite Signal (S2) an der ersten Steuereinheit (110) bereitstellt.

3. Signalsteuersystem (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kommunikationsverbindung (130) dafür eingerichtet ist, mindestens ein Signal und/oder ein von dem Signal abgeleitetes Signal von der ersten Steuereinheit (110) an die zweite Steuereinheit (120) und/oder von der zweiten Steuereinheit (120) an die erste Steuereinheit (110) zu übermitteln.
4. Signalsteuersystem (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kommunikationsverbindung (130) eine Busverbindung, vorzugsweise eine private Busverbindung, insbesondere eine CAN-Verbindung, vorzugsweise eine private CAN-Verbindung, ist.
5. Signalsteuersystem (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Eingabeeinheit (140) eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (141) zur Anforderung einer Autonomiestufe ist, und das erste primäre Signal (S1P) und das erste sekundäre Signal (S1S) ein Automatisierungs-Anforderungssignal (AES) ist.
6. Signalsteuersystem (100) nach Anspruch 5, wobei der Signalbereitsteller (150) eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (151) zur Aktivierung der Autonomiestufe ist und das zweite Signal (S2) ein Automatisierungs-Aktivierungssignal (AAS) ist.
7. Signalsteuersystem (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kommunikationsverbindung (130) dafür eingerichtet ist, mindestens ein Signal oder ein von dem mindestens einen Signal abgeleitetes Signal über eine Checksumme abgesichert zu übermitteln.
8. Signalsteuersystem (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kommunikationsverbindung (130) dafür eingerichtet ist, mehrere Signale in einer Nachricht zu übermitteln.
9. Signalsteuersystem (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Steuereinheit (110) und/oder die zweite Steuereinheit (120) dafür eingerichtet sind/ist, bei Empfang mindestens eines Signals einen Empfangszeitpunkt des Signals zu ermitteln und/oder einen Zeitstempel aus dem empfangenen Signal abzuleiten.

10. Signalsteuersystem (100) nach Anspruch 9, wobei die erste Steuereinheit (110) und/oder die zweite Steuereinheit (120) dafür eingerichtet sind/ist, die Signalplausibilitätsprüfung basierend auf dem Empfangszeitpunkt des Signals und/oder dem Zeitstempel des Signals auszuführen.
11. Fahrzeugsteuersystem (200) zur redundanten Signalübertragung für ein Fahrzeug mit einem Automatisierungsgrad von SAE Level 2 oder höher, umfassend:
- ein Signalsteuersystem (100) nach einem der vorherigen Ansprüche;
 - eine erste Energieversorgung (210);
 - eine zweite Energieversorgung (220);
 - mindestens ein primäres Aktuatorsystem (230); und
 - mindestens ein sekundäres Aktuatorsystem (240), welches das primäre Aktuatorsystem (230) teilweise oder vollständig funktional ersetzt;
- wobei die erste Energieversorgung (210) die erste Steuereinheit (110) des Signalsteuersystems (100) und das mindestens eine primäre Aktuatorsystem (230) mit elektrischer Energie versorgt;
- wobei die erste Steuereinheit (110) des Signalsteuersystems (100) mit dem mindestens einen primären Aktuatorsystem (230) verbunden ist, zur Steuerung des mindestens einen primären Aktuatorsystems (230); und
- wobei die zweite Energieversorgung (220) die zweite Steuereinheit (120) des Signalsteuersystems (100) und das mindestens eine sekundäre Aktuatorsystem (240) mit Energie versorgt;
- wobei die zweite Steuereinheit (120) des Signalsteuersystems (100) mit dem mindestens einen sekundären Aktuatorsystem (240) verbunden ist, zur Steuerung des mindestens einen sekundären Aktuatorsystems (240).
12. Fahrzeugsteuersystem (200) nach Anspruch 11, wobei die Kommunikationsverbindung (130) dafür eingerichtet ist, mindestens einen ersten Ansteuerungsbefehl (AS1) der zweiten Steuereinheit (120) für das primäre Aktuatorsystem (230) an der ersten Steuereinheit (110) bereitzustellen und/oder mindestens einen zweiten Ansteuerungsbefehl (AS2) der ersten Steuereinheit (110) für das sekundäre Aktuatorsystem (240) an der zweiten Steuereinheit (120) bereitzustellen.

13. Fahrzeugsteuersystem (200) nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei mindestens eine Steuereinheit der ersten Steuereinheit (110) und der zweiten Steuereinheit (120) dafür eingerichtet ist, eine Fahrzeugautomatisierungsfunktion auszuführen.
14. Fahrzeugsteuersystem (200) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei das Fahrzeugsteuersystem (200) das Fahrzeug (1) teilweise oder vollständige autonom steuert.
15. Fahrzeugsteuersystem (200) nach Anspruch 14, wobei das Fahrzeugsteuerungssystem (200) mindestens einen virtuellen Fahrer (PVD, SVD) zur teilweise oder vollständigen autonomen Steuerung des Fahrzeugs (1), umfasst.
16. Fahrzeug (1), umfassend ein Fahrzeugsteuersystem (200) nach einem der Ansprüche 11 bis 15, wobei das primäre Aktuatorsystem (230) ein primäres Bremssystem (231) umfasst und das sekundäre Aktuatorsystem (240) ein sekundäres Bremssystem (241) umfasst.
17. Fahrzeug nach Anspruch 16, wobei das Fahrzeug (1) mindestens einen virtuellen Fahrer (PVD, SVD), zur teilweise oder vollständigen autonomen Steuerung des Fahrzeugs (1), umfasst.
18. Signalplausibilitätsprüfungs-Verfahren mindestens eines Signals (S1P, S1S) unter Verwendung eines Signalsteuersystems (100) zur redundanten Signalübertragung für ein Fahrzeug (1), wobei das Signalsteuersystem (100) umfasst:
 - eine erste Steuereinheit (110) zur Ansteuerung mindestens eines ersten Aktuatorsystems (230); und
 - eine zweite Steuereinheit (120) zur Ansteuerung mindestens eines zweiten Aktuatorsystems (240); und
 - wobei die erste Steuereinheit (110) und die zweite Steuereinheit (120) über eine Kommunikationsverbindung (130) miteinander verbunden sind,
 - wobei die erste Steuereinheit (110) und die zweite Steuereinheit (120) dafür eingerichtet sind, sich jeweils gegenseitig vollständig oder teilweise funktional zu ersetzen;
 - eine Eingabeeinheit (140) zur Signalbereitstellung, wobei die Eingabeeinheit (140) mit der ersten Steuereinheit (110) und mit der zweiten Steuereinheit (120)

verbunden ist und mindestens ein erstes primäres Signal (S1P) an der ersten Steuereinheit (110) und ein erstes sekundäres Signal (S1S) an der zweiten Steuereinheit (120) bereitstellt;

wobei die erste Steuereinheit (110) dafür eingerichtet ist, das erste primäre Signal (S1P) an der zweiten Steuereinheit (120) über die Kommunikationsverbindung (130) bereitzustellen, und wobei die zweite Steuereinheit (120) dafür eingerichtet ist, das erste sekundäre Signal (S1S) an der ersten Steuereinheit (110) über die Kommunikationsverbindung (130) bereitzustellen,

wobei wenigstens eine Steuereinheit der ersten Steuereinheit (110) und der zweiten Steuereinheit (120) dafür eingerichtet ist, eine Signalplausibilitätsprüfung auszuführen;

wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

Bereitstellen (M1) eines ersten primären Signals (S1P) der Eingabeeinheit (140) an der ersten Steuereinheit (110) und eines ersten sekundären Signals (S1S) an der zweiten Steuereinheit (120);

Übermitteln (M2) des ersten sekundären Signals (S1S) von der zweiten Steuereinheit (120) an die erste Steuereinheit (110);

Überprüfen (M3), mithilfe der ersten Steuereinheit (110), der Signalplausibilität des ersten primären Signals (S1P) und der Signalplausibilität des ersten sekundären Signals (S1S);

Ausgeben (M4) eines Fehlersignals, basierend auf dem Ergebnis der Prüfung.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Signalsteuersystem (100) einen Signalbereitsteller (150) umfasst, der ein zweites Signal (S2) bereitstellt, wobei der Signalbereitsteller (150) mit der ersten Steuereinheit (110) verbunden ist und das zweite Signal (S2) an der ersten Steuereinheit (110) bereitstellt, und wobei die Signalplausibilitätsprüfung basierend auf dem zweiten Signal (S2) ausgeführt wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 oder 19, wobei die zweite Steuereinheit (120) bei Empfang des ersten primären Signals (S1P) und/oder des ersten sekundären Signals (S1S) einen Empfangszeitpunkt bestimmt oder einen Zeitstempel des ersten primären Signals (S1P) und/oder des ersten sekundären Signals (S1S) ausliest und diese Information bei der Plausibilitätsprüfung berücksichtigt.

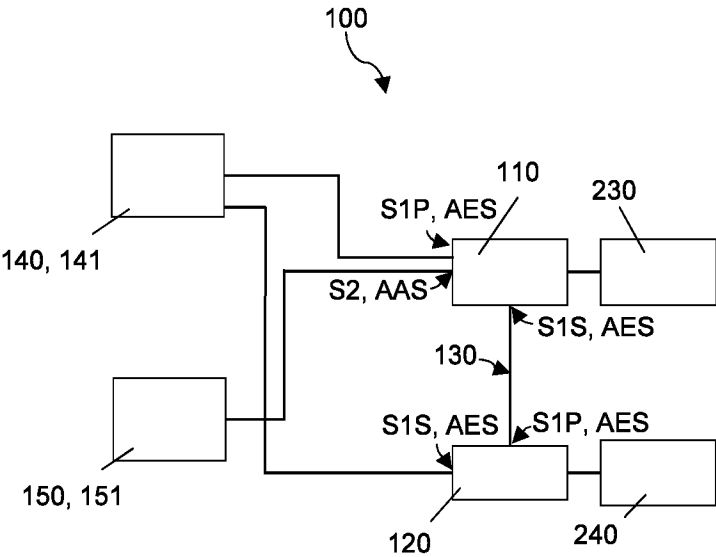


Fig. 1

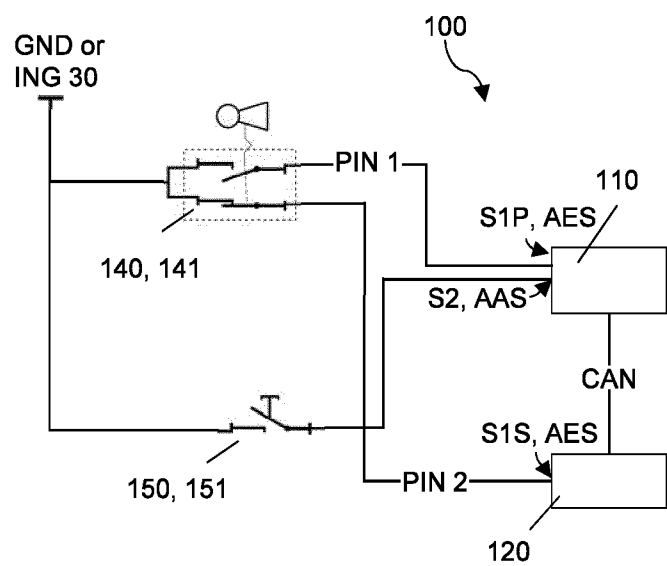


Fig. 1a

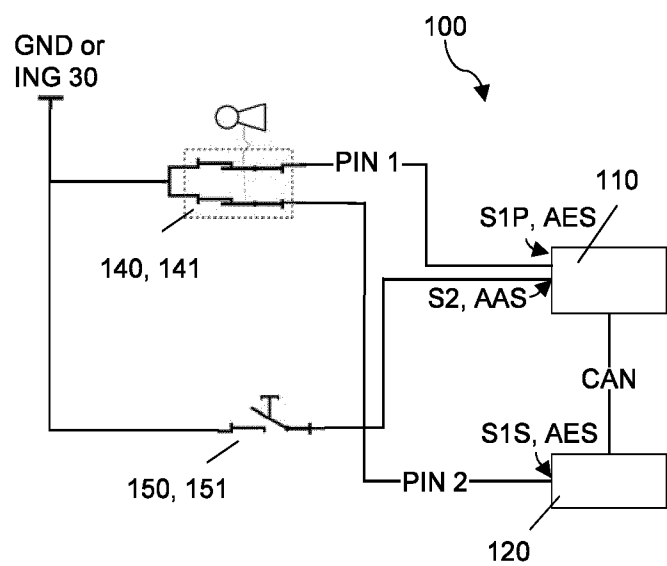


Fig. 1b

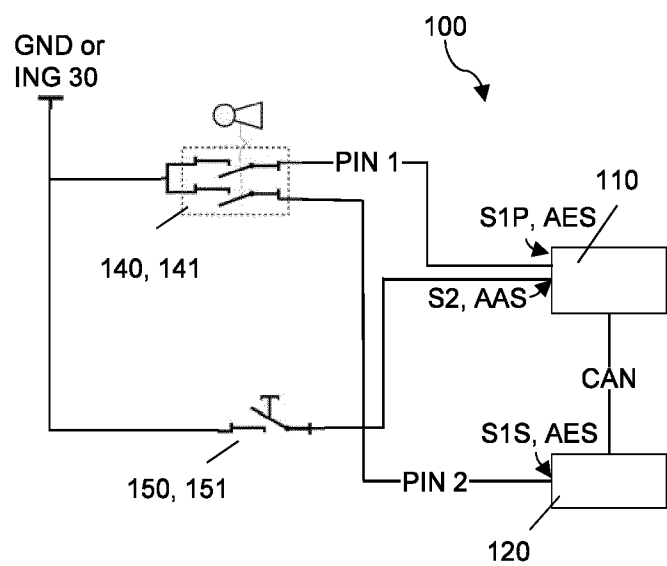


Fig. 1c

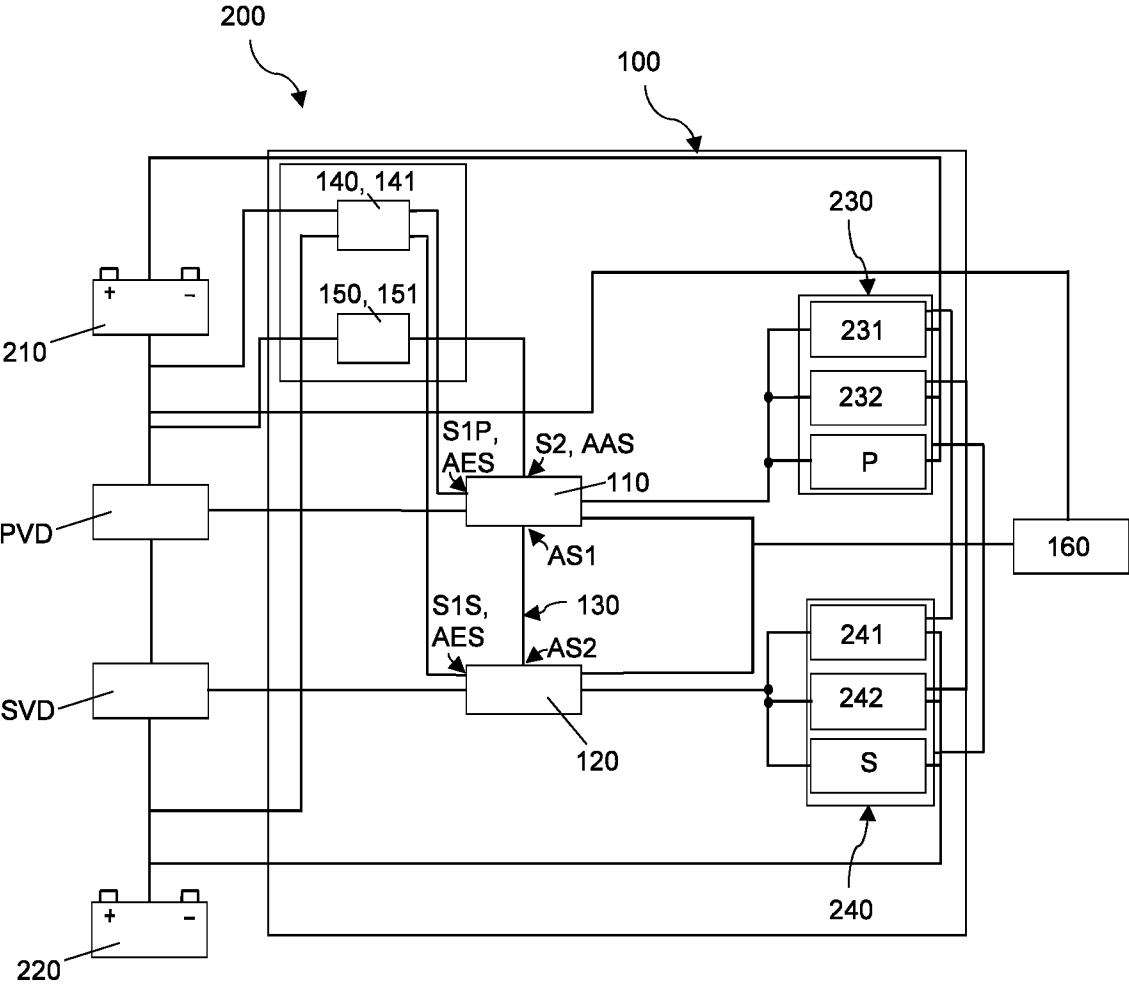


Fig. 2

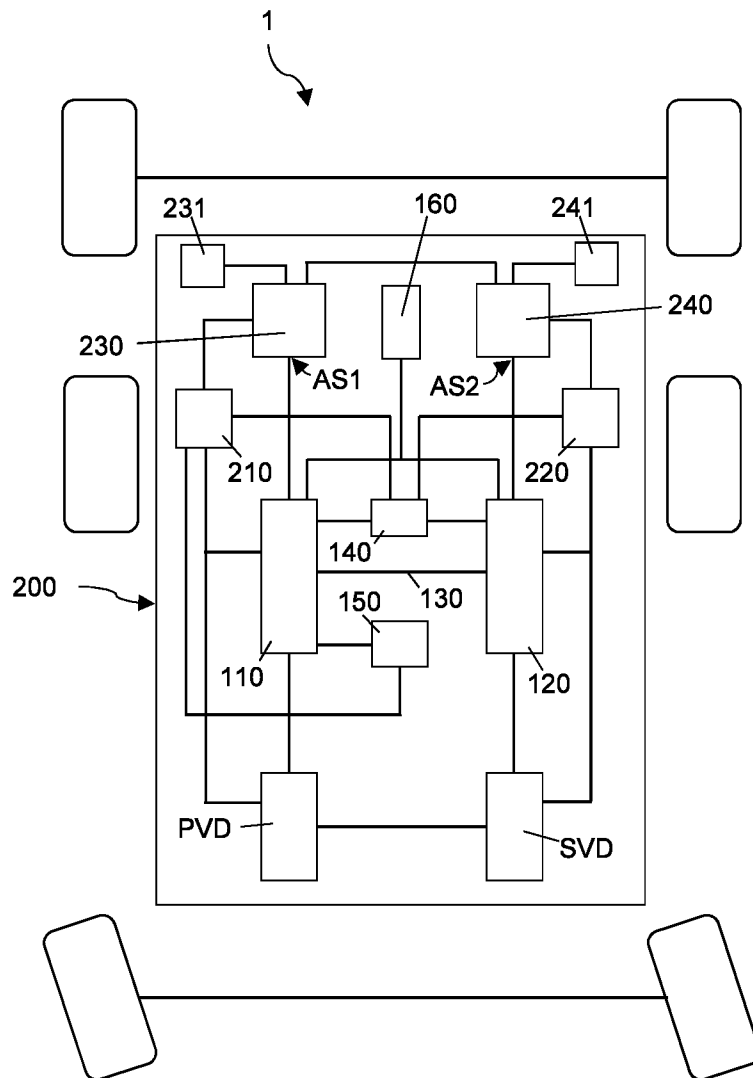


Fig. 3

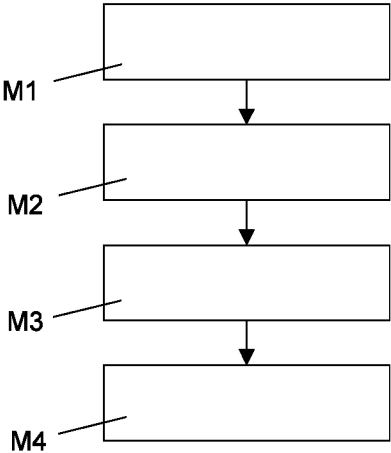


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/067011

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D 1/87(2024.01)i; **G05B 9/03**(2006.01)i; **G05D 105/22**(2024.01)i; **G05D 107/13**(2024.01)i; **G05D 109/10**(2024.01)i;
G06F 11/16(2006.01)i

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, 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	DE 102007035326 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 29 January 2009 (2009-01-29) paragraphs [0023], [0024], [0027], [0028]; claims 1-3; figures 1,2	1-20
X	US 2007282459 A1 (SCHAFFER PARTRICK [DE] ET AL) 06 December 2007 (2007-12-06) paragraphs [0008] - [0012], [0033], [0034]; claim 9; figure 4	1-20
X A	US 2022169222 A1 (ULLRICH THORSTEN [DE] ET AL) 02 June 2022 (2022-06-02) paragraph [0064]; claim 1; figure 3	1-4,11,12,18,19 5-10,13-17,20



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

28 August 2024

Date of mailing of the international search report

24 September 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Camerer, Stephan

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/067011

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102007035326	A1	29 January 2009	DE	102007035326	A1	29 January 2009
				FR	2919250	A1	30 January 2009
				GB	2451559	A	04 February 2009
				JP	2009029416	A	12 February 2009

US	2007282459	A1	06 December 2007	DE	102005005995	A1	22 June 2006
				EP	1718510	A1	08 November 2006
				US	2007282459	A1	06 December 2007
				WO	2005080164	A1	01 September 2005

US	2022169222	A1	02 June 2022	CN	113677573	A	19 November 2021
				DE	102019215422	A1	15 October 2020
				EP	3953221	A1	16 February 2022
				US	2022169222	A1	02 June 2022
				WO	2020207871	A1	15 October 2020

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	G05D1/87	G05B9/03
	G05D105/22	G05D107/13
	G05D109/10	G06F11/16
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2007 035326 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 29. Januar 2009 (2009-01-29) Absätze [0023], [0024], [0027], [0028]; Ansprüche 1-3; Abbildungen 1,2	1 - 20
X	US 2007/282459 A1 (SCHAFER PARTRICK [DE] ET AL) 6. Dezember 2007 (2007-12-06) Absätze [0008] - [0012], [0033], [0034]; Anspruch 9; Abbildung 4	1 - 20
X	US 2022/169222 A1 (ULLRICH THORSTEN [DE] ET AL) 2. Juni 2022 (2022-06-02)	1 - 4, 11, 12, 18, 19
A	Absatz [0064]; Anspruch 1; Abbildung 3	5 - 10, 13 - 17, 20
☐ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
28. August 2024		24/09/2024
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 Camerer, Stephan

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/067011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102007035326 A1	29-01-2009	DE 102007035326 A1	29-01-2009
		FR 2919250 A1	30-01-2009
		GB 2451559 A	04-02-2009
		JP 2009029416 A	12-02-2009

US 2007282459 A1	06-12-2007	DE 102005005995 A1	22-06-2006
		EP 1718510 A1	08-11-2006
		US 2007282459 A1	06-12-2007
		WO 2005080164 A1	01-09-2005

US 2022169222 A1	02-06-2022	CN 113677573 A	19-11-2021
		DE 102019215422 A1	15-10-2020
		EP 3953221 A1	16-02-2022
		US 2022169222 A1	02-06-2022
		WO 2020207871 A1	15-10-2020
