

(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
18. Oktober 2018 (18.10.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/188900 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60T 8/44 (2006.01) *B60T 13/74* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/056834

(22) Internationales Anmeldedatum:

19. März 2018 (19.03.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2017 003 654.3

13. April 2017 (13.04.2017) DE

(71) Anmelder: LUCAS AUTOMOTIVE GMBH [DE/DE];

Carl-Spaeter-Strasse 8, 56070 Koblenz (DE).

(72) Erfinder: MICHELS, Erwin; Ackerstrasse 15, 56829 Kail (DE). OHLIG, Benedikt; Im Pelzgraben 1, 56179 Vallengar (DE). FUCHS, Matthias; Austinstrasse 4, 56075 Koblenz (DE).

(74) Anwalt: RÖTHINGER, Rainer; Wuesthoff & Wuesthoff, Patentanwälte PartG mbB, Schweigerstrasse 2, 81541 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: HYDRAULIC MOTOR VEHICLE BRAKE SYSTEMS AND A CONTROL DEVICE SYSTEM THEREFOR, METHODS FOR OPERATING HYDRAULIC MOTOR VEHICLE BRAKE SYSTEMS AND COMPUTER PROGRAM FOR CARRYING OUT THE METHODS

(54) Bezeichnung: HYDRAULISCHE KRAFTFAHRZEUG-BREMSANLAGEN UND EIN STEUERGERÄTESYSTEM HIERFÜR, SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN VON HYDRAULISCHEN KRAFTFAHRZEUGBREMSANLAGEN UND COMPUTERPROGRAMM ZUR DURCHFÜHRUNG DER VERFAHREN

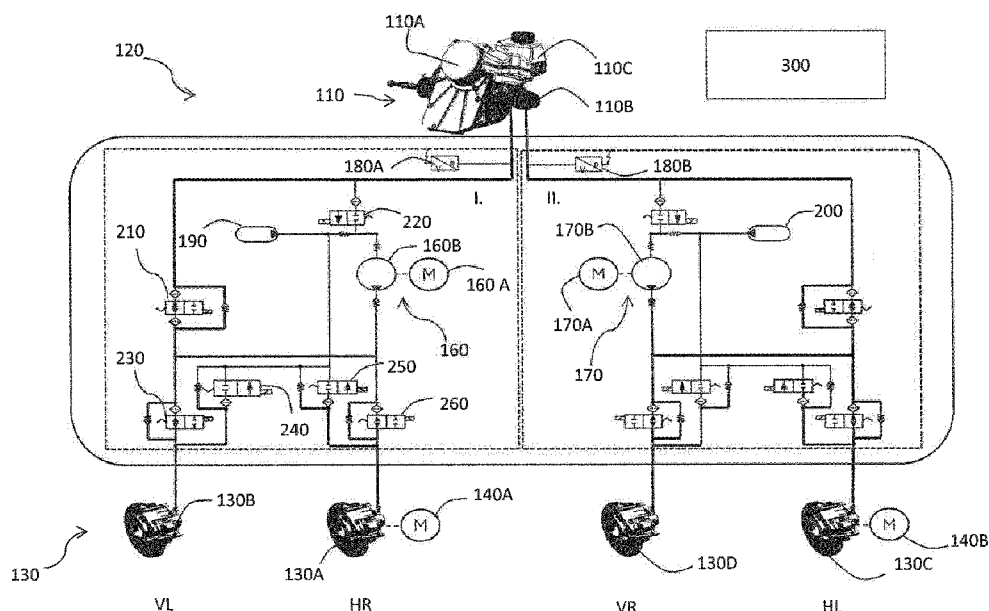


Fig. 1

(57) Abstract: A hydraulic motor vehicle brake system (100) comprises a two-circuit dynamic stability control, or electronic stability control (ESC) system, having a first brake circuit (I.), which acts on at least one first wheel brake (130A, 130B), and a second brake circuit (II.), which acts on at least one second wheel brake (130C, 130D), wherein the first brake circuit (I.) comprises a first hydraulic pressure generator (160), which can be electrically actuated for performing control interventions, and the second brake circuit (II.) comprises a second hydraulic pressure generator (170), which can be electrically actuated for performing control interventions and



WO 2018/188900 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

can be actuated independently of the first hydraulic pressure generator (160). The brake system (100) further comprises a third hydraulic pressure generator (110A), which can be electrically actuated and is designed to generate a hydraulic pressure for at least one of the two brake circuits (I., II.), a control unit, which is designed: (aspects 1 and 18) to recognise a failure of at least one of the two brake circuits (I., II.) and the need for a control intervention in the at least one brake circuit (I., II.) affected by the failure, and, when failure and the need for a control intervention are recognised, to actuate at least the third hydraulic pressure generator (110A) in order to carry out or support the control intervention. (aspects 2 and 23) to recognise a loss of function of the third hydraulic pressure generator (110B) and a driver's desire to brake, and, when loss of function of the third hydraulic pressure generator (110B) and the driver's desire to brake are recognised, to actuate the first hydraulic pressure generator (160) and/or the second hydraulic pressure generator in order to generate a hydraulic pressure in at least one of the brake circuits in accordance with the driver's desire to brake. According to aspect 12 of the present disclosure there is also an electronic control device system suitable for a brake system as per aspect 1 or 2 and, according to aspect 24, a computer program containing program code suitable for carrying out the method as per at least aspect 18 when the computer program runs on at least one processor.

(57) Zusammenfassung: Eine hydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage (100) umfasst ein Fahrdynamikregel-, ESC-, System, das zweikreisig ausgebildet ist und das einen ersten Bremskreis (I.), der auf wenigstens eine erste Radbremse (130A, 130B) wirkt, und einen zweiten Bremskreis (II.), der auf wenigstens eine zweite Radbremse (130C, 130D) wirkt, umfasst, wobei der erste Bremskreis (I.) einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) und der zweite Bremskreis (II.) einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren zweiten Hydraulikdruckerzeuger (170) umfasst, der unabhängig vom ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) ansteuerbar ist. Die Bremsanlage (100) umfasst ferner einen elektrisch ansteuerbaren dritten Hydraulikdruckerzeuger (110A), der ausgebildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise (I., II.) einen Hydraulikdruck zu erzeugen, und eine Steuerung, die ausgebildet ist: (Aspekte 1 und 18) einen Ausfall wenigstens eines der beiden Bremskreise (I., II.) sowie ein Erfordernis eines Regeleingriffes an dem wenigstens einen vom Ausfall betroffenen Bremskreis (I., II.) zu erkennen und, bei Erkennen des Ausfalls und des Erfordernisses eines Regeleingriffes, wenigstens den dritten Hydraulikdruckerzeuger (110A) zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffes anzusteuern. (Aspekte 2 und 23) einen Funktionsverlust des dritten Hydraulikdruckerzeugers (110B) sowie einen Fahrerbremswunsch zu erkennen, und bei Erkennen des Funktionsverlust des dritten Hydraulikdruckerzeugers (110B) und des Fahrerbremswunsches den ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) und/oder den zweiten Hydraulikdruckerzeuger anzusteuern, um gemäß dem Fahrerbremswunsch einen Hydraulikdruck in wenigstens einem der Bremskreise zu erzeugen. In der vorliegenden Offenbarung gibt es gemäß Aspekt 12 noch ein elektronisches Steuergerätesystem geeignet für eine Bremsanlage nach Aspekt 1 oder 2 und gemäß Aspekt 24 ein Computerprogramm mit Programmcode, welches geeignet ist das Verfahren nach zumindest Aspekt 18 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf wenigstens einem Prozessor abläuft.

5 **Technisches Gebiet**

Die vorliegende Offenbarung betrifft allgemein das Gebiet der Kraftfahrzeug-Bremsanlagen. Konkret werden eine hydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage und ein Steuergerätesystem herfür beschrieben.

10

Hintergrund

15

Bekannte hydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlagen, die als Brake-By-Wire- (BBW-) ausgeführt oder mit einem Elektric Brake Boost- (EBB-) System ausgerüstet sind, umfassen einen elektrisch ansteuerbaren Hydraulikdruckerzeuger, der im Normalbremsbetrieb einen Hydraulikdruck an den Radbremsen des Kraftfahrzeugs erzeugt oder einen vom Fahrer erzeugten Hydraulikdruck verstärkt. Hierzu wird eine vom Fahrer an einem Bremspedal angeforderte Fahrzeugverzögerung sensorisch erfasst und in ein Ansteuersignal für den elektrisch ansteuerbaren Hydraulikdruckerzeuger gewandelt.

20

25

Derartige Bremsanlagen umfassen in der Regel auch einen mittels des Bremspedals mechanisch betätigbaren Hauptzylinder, über den ebenfalls Hydraulikfluid zu den Radbremsen gefördert werden kann. Der mittels des Bremspedals betätigbare Hauptzylinder schafft eine aus Gründen der Betriebssicherheit unabdingbare Redundanz in Bezug auf den elektrisch ansteuerbaren Hydraulikdruckerzeuger des BBW- oder EBB-Systems.

30

35

Auch Kraftfahrzeug-Bremsanlagen für autonomes oder teilautonomes Fahren müssen redundant ausgelegt sein. Allerdings kann in solchen Fällen nicht davon ausgegangen werden, dass sich der Fahrer im Fahrzeug befindet (z. B. in einem Remote Controlled Parking-, RCP-, Betrieb) oder dass der Fahrer unverzüglich ein Bremspedal betätigen kann (z. B. bei einem vom Fahrgeschehen abgewandten Blick). Aus diesem Grund wird gefordert, dass Bremsanlagen für autonomes oder teilautonomes Fahren neben einer Funktionseinheit, die eine elektrisch ansteuerbare Hauptbremsfunktion bereitstellt, noch eine weitere Funktionseinheit umfassen, die in redundanter Weise eine elektrisch ansteuerbare Hilfsbremsfunktion implementiert.

Kurzer Abriss

Der vorliegenden Offenbarung liegt die Aufgabe zugrunde, eine hydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage anzugeben, die eine verbesserte Redundanz aufweist.

Gemäß einem ersten Aspekt wird eine hydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage angegeben. Die Bremsanlage umfasst ein Fahrdynamikregel-, ESC-, System, das zweikreisig ausgebildet ist und einen ersten Bremskreis, der auf eine oder mehrere erste Radbremsen wirkt, und einen zweiten Bremskreis, der auf eine oder mehrere zweite Radbremsen wirkt, umfasst, wobei der erste Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren ersten Hydraulikdruckerzeuger und der zweite Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren zweiten Hydraulikdruckerzeuger umfasst, der unabhängig vom ersten Hydraulikdruckerzeuger ansteuerbar ist. Die Bremsanlage umfasst ferner ein elektrisches Parkbrems-, EPB-, System mit einem elektrisch ansteuerbaren ersten Aktuator, der einer der ersten Radbremsen zugeordnet ist, und einem elektrisch ansteuerbaren zweiten Aktuator, der einer der zweiten Radbremsen zugeordnet ist. Des Weiteren umfasst die Bremsanlage eine Steuerung, die ausgebildet ist, einen Funktionsverlust wenigstens eines der beiden Bremskreise sowie ein Erfordernis eines Regeleingriffes an dem wenigstens einen vom Funktionsverlust betroffenen Bremskreise zu erkennen und, bei Erkennen des Funktionsverlusts und des Erfordernisses eines Regeleingriffes, wenigstens einen der Aktuatoren zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffs anzusteuern.

Die Bremsanlage gemäß dem ersten Aspekt kann ferner einen elektrisch ansteuerbaren dritten Hydraulikdruckerzeuger umfassen, der ausgebildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise einen Hydraulikdruck zu erzeugen. In diesem Fall kann die Steuerung ausgebildet sein, den dritten Hydraulikdruckerzeuger bei Erkennen des Funktionsverlusts und des Erfordernisses eines Regeleingriffes zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffs anzusteuern.

Das Durchführen des Regeleingriffes kann ausschließlich mittels des wenigstens einen angesteuerten Aktuators erfolgen. Alternativ hierzu kann an dem Regeleingriff neben dem wenigstens einen angesteuerten Aktuator eine weitere zu Regeleingriffen fähige Komponente der Bremsanlage teilnehmen, so dass der wenigstens eine Aktuator unterstützend am Regeleingriff teilnimmt. Eine derartige Komponente kann (bei nur teilweisem Funktionsverlust des entsprechenden Bremskreises) beispielsweise der erste und/oder der zweite (oder ein dritter) Hydraulikdruckerzeuger sein.

Eine hydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage gemäß einem zweiten Aspekt umfasst ein Fahrdynamikregel-, ESC-, System, das zweikreisig ausgebildet ist und das einen ersten Bremskreis, der auf eine oder mehrere erste Radbremsen wirkt, und einen zweiten Bremskreis, der auf eine oder mehrere zweite Radbremsen wirkt, umfasst, wobei der erste Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren ersten Hydraulikdruckerzeuger und der zweite Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren zweiten Hydraulikdruckerzeuger umfasst, der unabhängig vom ersten Hydraulikdruckerzeuger ansteuerbar ist. Die Bremsanlage umfasst ferner einen elektrisch ansteuerbaren dritten Hydraulikdruckerzeuger, der ausgebildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise einen Hydraulikdruck zu erzeugen, und eine Steuerung, die ausgebildet ist, einen Funktionsverlust wenigstens eines der beiden Bremskreise sowie ein Erfordernis eines Regeleingriffes an dem wenigstens einen vom Funktionsverlust betroffenen Bremskreis zu erkennen und, bei Erkennen des Funktionsverlusts und des Erfordernisses eines Regeleingriffes, wenigstens den dritten Hydraulikdruckerzeuger zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffes anzusteuern.

In einer Variante des ersten oder zweiten Aspekts wird der Funktionsverlust des wenigstens einen Bremskreises als das Erfordernis eines Regeleingriffes an dem wenigstens einem vom Funktionsverlust betroffenen Bremskreis erkannt. Gemäß einer anderen Variante wird das Erfordernis eines Regeleingriffes zeitlich getrennt von dem Erkennen des Funktionsverlusts des wenigstens einen Bremskreises erkannt, beispielsweise zu einem späteren Zeitpunkt. In dieser Variante kann das Ansteuern wenigstens eines der Aktuatoren zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffes unmittelbar dann erfolgen, wenn im Anschluss an das Erkennen des Funktionsverlusts des wenigstens einen Bremskreises das Erfordernis eines Regeleingriffes erkannt wird.

Beispielhafte Regeleingriffe umfassen einen oder mehrere der folgenden Eingriffe: eine Antiblockierregelung, eine Antriebsschlupfregelung, eine Fahrdynamikregelung im engeren Sinn (z. B. zum Verhindern eines Über- oder Untersteuerns) und eine Bremsdruckregelung für eine automatische Abstandsregelung.

Eine hydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage gemäß einem dritten Aspekt umfasst ein Fahrdynamikregel-, ESC-, System, das zweikreisig ausgebildet ist und das einen ersten Bremskreis, der auf eine oder mehrere erste Radbremsen wirkt, und einen zweiten Bremskreis, der auf eine oder mehrere zweite Radbremsen wirkt, umfasst,

wobei der erste Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren ersten Hydraulikdruckerzeuger und der zweite Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren zweiten Hydraulikdruckerzeuger umfasst, der unabhängig vom ersten Hydraulikdruckerzeuger ansteuerbar ist. Die Bremsanlage umfasst ferner einen elektrisch ansteuerbaren dritten Hydraulikdruckerzeuger, der ausgebildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise einen Hydraulikdruck zu erzeugen, und eine Steuerung, die ausgebildet ist, einen Funktionsverlust des dritten Hydraulikdruckerzeugers sowie einen Fahrerbremswunsch zu erkennen und, bei Erkennen des Funktionsverlusts des dritten Hydraulikdruckerzeugers und des Fahrerbremswunsches, den ersten Hydraulikdruckerzeuger und/oder den zweiten Hydraulikdruckerzeuger anzusteuern, um gemäß dem Fahrerbremswunsch einen Hydraulikdruck in wenigstens einem der Bremskreise zu erzeugen.

Die Bremsanlage gemäß dem zweiten oder dritten Aspekt kann ferner ein elektrisches Parkbrems-, EPB-, System mit einem elektrisch ansteuerbaren ersten Aktuator, der einer der ersten Radbremsen zugeordnet ist, und einem elektrisch ansteuerbaren zweiten Aktuator, der einer der zweiten Radbremsen zugeordnet ist, umfassen. In diesem Fall kann die Steuerung gemäß dem zweiten Aspekt ausgebildet sein, wenigstens einen der Aktuatoren bei Erkennen des Funktionsverlusts wenigstens eines der beiden Bremskreise und des Erfordernisses eines Regeleingriffes zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffes anzusteuern. Die Steuerung gemäß dem dritten Aspekt kann ausgebildet sein, wenigstens einen der Aktuatoren bei Erkennen des Funktionsverlusts des dritten Hydraulikdruckerzeugers und des Fahrerbremswunsches gemäß dem Fahrerbremswunsch anzusteuern.

Die folgenden Ausführungen gelten für die Bremsanlage gemäß allen der hier vorgestellten Aspekte.

In einer Realisierung ist die Bremsanlage als BBW-System ausgeführt, das den dritten Hydraulikdruckerzeuger umfasst, und/oder mit einem EBB- System ausgerüstet, das den dritten Hydraulikdruckerzeuger umfasst. In einer alternativen Ausgestaltung ist die Bremsanlage mit einem elektrisch ansteuerbaren Vakuumbremskraftverstärker versehen, der als der dritte Hydraulikdruckerzeuger fungiert.

Das BBW-System kann eine permanente mechanische Entkopplung eines Bremspedals von einem Hauptzylinder der Bremsanlage vorsehen. Diese mechanische

Entkopplung kann bei einem Fehler im BBW-System zugunsten eines mechanischen Durchgriffs aufgehoben werden (hier spricht man dann auch von einem Push-Through, PT).

5 Das EBB-System oder der elektrisch ansteuerbare Vakuumbremskraftverstärker kann eine solche mechanische Entkopplung nicht oder nur in bestimmten Fällen (z. B. bei einer regenerativen Bremsung) vorsehen, wobei im Fall der mechanischen Kopplung eine mittels des Bremspedals auf den Hauptzylinder einwirkende Kraft unter Verwen-
10 dung des dritten Hydraulikdruckerzeugers verstärkt wird. Der dritten Hydraulikdruckerzeuger kann zu diesem Zweck den Hauptzylinder sowie einen zusätzlich zum Bremspedal mechanisch auf den Hauptzylinder einwirkenden elektromechanischen Aktuator umfassen. Alternativ hierzu kann der dritte Hydraulikdruckerzeuger eine separate Zylinder/Kolben-Anordnung, die hydraulisch mit dem Hauptzylinder oder den Bremskreisen gekoppelt ist, und einen auf die Zylinder/Kolben-Anordnung ein-
15 wirkenden elektromechanischen Aktuator umfassen.

Der erste Aktuator und der zweite Aktuator des EPB-Systems können unabhängig voneinander elektrisch ansteuerbar sein. Die Aktuatoren können auf einem elektro-
20 mechanischen, einem elektropneumatischen oder einem elektrohydraulischen Prinzip basieren.

Ein erster Sensor kann zur Erfassung eines Hydraulikdrucks im ersten Bremskreis und ein zweiter Sensor kann zur Erfassung eines Hydraulikdrucks im zweiten Brems-
25 kreis vorgesehen sein. Ein Signal des ersten Sensors kann eine Grundlage für das Ansteuern des ersten Hydraulikdruckerzeugers und/oder des ersten Aktuators bilden. Ein Signal des zweiten Sensors kann eine Grundlage für das Ansteuern des zweiten Hydraulikdruckerzeugers und/oder des zweiten Aktuators bilden.

Der erste Bremskreis und der zweite Bremskreis können identisch aufgebaut sein.
30 Der identische Aufbau kann sich insbesondere auf die in den Bremskreisen verbauten elektrisch ansteuerbaren und/oder hydraulisch wirksamen Komponenten beziehen.

Die Bremsanlage kann ein erstes elektrisches Versorgungssystem umfassen, das ausgebildet ist, den ersten Hydraulikdruckerzeuger und/oder den ersten Aktuator zu
35 versorgen. Die Bremsanlage kann zusätzlich oder alternativ hierzu ein zweites elektrisches Versorgungssystem umfassen, das ausgebildet ist, den zweiten Hydraulikdruckerzeuger und/oder den zweiten Aktuator zu versorgen. Jedem Versorgungssystem können separate elektrische Leitungen und eine separate Spannungsquelle

zugeordnet sein. Das erste elektrische Versorgungssystem kann ferner ausgebildet sein, den zweiten Hydraulikdruckerzeuger und/oder den zweiten Aktuator zu versorgen. Alternativ oder zusätzlich hierzu kann das zweite elektrische Versorgungssystem ausgebildet sein, den ersten Hydraulikdruckerzeuger und/oder den ersten Aktuator zu versorgen. Das erste elektrische Versorgungssystem und/oder das zweite elektrische Versorgungssystem kann ferner ausgebildet sein, den dritten Hydraulikdruckerzeuger zu versorgen.

Wenigstens einer der Hydraulikdruckerzeuger, insbesondere der erste und/oder der zweite und/oder der dritte Hydraulikdruckerzeuger, kann als Motor-Pumpeneinheit ausgebildet ist. Diese Ausbildung umfasst beispielsweise eine mittels eines Elektromotors betätigbare, doppelwirkende Zylinder-Kolben-Anordnung (z. B. nach Art einer Plunger-Anordnung), einfach wirkende Zylinder-Kolben-Anordnung (z. B. nach Art einer Plunger-Anordnung), Zahnradpumpe oder Radial- oder Axialkolbenpumpe.

Gemäß einem vierten Aspekt wird ein elektronisches Steuergerätesystem für die hier vorgestellte hydraulische Bremsanlage gemäß dem ersten, zweiten oder dritten Aspekt angegeben. Das Steuergerätesystem umfasst ein erstes Steuergerät, das ausgebildet ist, den ersten Hydraulikdruckerzeuger und den ersten Aktuator anzusteuern, sowie ein zweites Steuergerät, das ausgebildet ist, den zweiten Hydraulikdruckerzeuger und den zweiten Aktuator anzusteuern.

Das Steuergerätesystem kann ferner ein drittes Steuergerät umfassen, das ausgebildet ist, den dritten Hydraulikdruckerzeuger anzusteuern. Alternativ hierzu kann das erste und/oder das zweite Steuergerät ausgebildet sein, den dritten Hydraulikdruckerzeuger anzusteuern.

Ein elektronisches Steuergerätesystem gemäß einem fünften Aspekt für die hier vorgestellte hydraulische Bremsanlage gemäß dem dritten Aspekt umfasst ein erstes Steuergerät, das ausgebildet ist, den ersten Hydraulikdruckerzeuger anzusteuern, ein zweites Steuergerät, das ausgebildet ist, den zweiten Hydraulikdruckerzeuger anzusteuern, und ein drittes Steuergerät, das ausgebildet ist, den dritten Hydraulikdruckerzeuger anzusteuern.

Das erste Steuergerät des Systems gemäß dem fünften Aspekt kann bei Vorhandensein eines EPB-Systems ausgebildet sein, den ersten Aktuator anzusteuern, und das zweite Steuergerät kann ausgebildet sein, den zweiten Aktuator anzusteuern.

Die folgenden Ausführungen gelten für das Steuergerätesystem nach dem vierten Aspekt oder nach dem fünften Aspekt.

5 In einer Variante ist das erste Steuergerät ausgebildet, am ersten elektrischen Versorgungssystem und/oder am zweiten elektrischen Versorgungssystem betrieben zu werden. Alternativ oder zusätzlich hierzu ist das zweite Steuergerät ausgebildet, am ersten elektrischen Versorgungssystem und/oder am zweiten elektrischen Versorgungssystem betrieben zu werden. Alternativ oder zusätzlich hierzu ist das dritte Steuergerät ausgebildet, am ersten elektrischen Versorgungssystem und/oder am
10 zweiten elektrischen Versorgungssystem betrieben zu werden. Dies erhöht die Redundanz und Verfügbarkeit des Systems. Beispielsweise werden die Steuergeräte parallel am ersten und am zweiten elektrischen Versorgungssystem betrieben.

15 Wenigstens zwei der Steuergeräte (z. B. das erste Steuergerät und das zweite Steuergerät) können ausgebildet sein, über ein erstes Kommunikationssystem und ein zweites Kommunikationssystem miteinander zu kommunizieren. Dies erhöht die Redundanz und Verfügbarkeit des Systems. Beispielsweise kommunizieren die Steuergeräte parallel über das erste und das zweite Kommunikationssystem.

20 Das erste Steuergerät und das zweite Steuergerät können eine räumlich zusammenhängende Steuergeräteeinheit bilden. Beispielsweise können beide Steuergeräte in einem gemeinsamen Gehäuse verbaut sein oder in getrennten Gehäusen, die aber wiederum an derselben Komponente (z. B. einem Hydraulikaggregat) montiert sind.

25 Das erste Steuergerät kann wenigstens einen ersten Prozessor und das zweite Steuergerät kann wenigstens einen zweiten Prozessor umfassen. Der wenigstens eine erste Prozessor kann dazu vorgesehen sein, den ersten Hydraulikdruckerzeuger und den ersten Aktuator anzusteuern. Der wenigstens eine zweite Prozessor kann dazu vorgesehen sein, den zweiten Hydraulikdruckerzeuger und den zweiten Aktuator
30 anzusteuern. Das dritte Steuergerät kann wenigstens einen dritten Prozessor umfassen.

35 Der wenigstens eine erste Prozessor und der wenigstens eine zweite Prozessor (und ggf. der dritte Prozessor) können über eine Prozessorschnittstelle kommunikativ miteinander verbunden sein. Die Prozessorkommunikation kann den Austausch und/oder die Plausibilisierung von Ansteuersignalen oder Messgrößen (z. B. von Sensordaten der oben angesprochenen Hydraulikdrucksensoren oder anderweitiger Sensoren) umfassen.

Gemäß einem sechsten Aspekt wird ein Verfahren zum Betreiben einer hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage mit einem ESC-System und einem EPB-System angegeben, wobei das ESC-System zweikreisig ausgebildet ist und einen ersten Bremskreis, der auf eine oder mehrere erste Radbremsen wirkt, und einen zweiten Bremskreis, der auf eine oder mehrere zweite Radbremsen wirkt, umfasst, wobei der erste Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren ersten Hydraulikdruckerzeuger und der zweite Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren zweiten Hydraulikdruckerzeuger umfasst, der unabhängig vom ersten Hydraulikdruckerzeuger ansteuerbar ist, und wobei das EPB-System einen elektrisch ansteuerbaren ersten Aktuator, der einer der ersten Radbremsen zugeordnet ist, und einen elektrisch ansteuerbaren zweiten Aktuator, der einer der zweiten Radbremsen zugeordnet ist, umfasst. Das Verfahren umfasst die Schritte des Erkennens eines Funktionsverlusts wenigstens eines der beiden Bremskreise sowie eines Erfordernisses eines Regeleingriffes an dem wenigstens einem vom Funktionsverlust betroffenen Bremskreise und des Ansteuerns, bei Erkennen des Funktionsverlusts und des Erfordernisses eines Regeleingriffes, wenigstens eines der Aktuatoren zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffs.

Gemäß einem siebten Aspekt wird ein Verfahren zum Betreiben einer elektrohydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage mit einem Fahrdynamikregel-, ESC-, System angegeben, das zweikreisig ausgebildet ist und einen ersten Bremskreis, der auf eine oder mehrere erste Radbremsen wirkt, und einen zweiten Bremskreis, der auf eine oder mehrere zweite Radbremsen wirkt, umfasst, wobei der erste Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren ersten Hydraulikdruckerzeuger und der zweite Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren zweiten Hydraulikdruckerzeuger umfasst, der unabhängig vom ersten Hydraulikdruckerzeuger ansteuerbar ist, und wobei die Bremsanlage ferner einen elektrisch ansteuerbaren dritten Hydraulikdruckerzeuger, der ausgebildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise einen Hydraulikdruck zu erzeugen, umfasst. Das Verfahren umfasst die Schritte des Erkennens eines Funktionsverlusts wenigstens eines der beiden Bremskreise sowie eines Erfordernisses eines Regeleingriffes an dem wenigstens einem vom Funktionsverlust betroffenen Bremskreise und des Ansteuerns, bei Erkennen des Funktionsverlusts und des Erfordernisses eines Regeleingriffes, des dritten Hydraulikdruckerzeugers zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffs.

Die folgenden Ausführungen gelten für das Verfahren gemäß dem sechsten Aspekt oder siebten Aspekt.

Bei Erkennen des Funktionsverlusts oder zu einem späteren Zeitpunkt kann eine Notbremsung durchgeführt werden, beispielsweise um das Fahrzeug schnellstmöglich zum Stehen zu bringen. In diesem Fall kann der Regeleingriff im Rahmen der Notbremsung erfolgen, beispielsweise um die Fahrzeugstabilität während der Notbremsung aufrecht zu erhalten.

Als Erfordernis eines Regeleingriffes kann ein Blockieren eines gebremsten Rades erkannt werden, wobei der Regeleingriff dem Blockieren des gebremsten Rades entgegenwirkt. Als Erfordernis eines Regeleingriffes kann alternativ oder zusätzlich hierzu eine Fahrdynamikregelung erkannt werden, wobei der Regeleingriff der Fahrdynamikregelung dient.

Die Bremsanlage kann, wie oben dargelegt, ferner einen elektrisch ansteuerbaren dritten Hydraulikdruckerzeuger umfassen, der ausgebildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise einen Hydraulikdruck zu erzeugen. In diesem Fall kann das Verfahren ferner ein Ansteuern des dritten Hydraulikdruckerzeugers, bei Erkennen des Funktionsverlusts und des Erfordernisses eines Regeleingriffes, umfassen, nämlich zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffs.

Als Funktionsverlust wenigstens eines der beiden Bremskreise kann wenigstens eines der folgenden Ereignisse erkannt werden: ein Funktionsverlust des ersten und/oder zweiten und/oder Hydraulikdruckerzeugers, ein Funktionsverlust eines dem ersten und/oder zweiten und/oder dritten Hydraulikdruckerzeuger zugeordneten Steuergeräts und eine Leckage wenigstens eines der Bremskreise.

Gemäß einem achten Aspekt wird ein Verfahren zum Betreiben einer hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage mit einem Fahrdynamikregel-, ESC-, System angegeben, das zweikreisig ausgebildet ist und das einen ersten Bremskreis, der auf eine oder mehrere erste Radbremsen wirkt, und einen zweiten Bremskreis, der auf eine oder mehrere zweite Radbremsen wirkt, umfasst, wobei der erste Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren ersten Hydraulikdruckerzeuger und der zweite Bremskreis einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren zweiten Hydraulikdruckerzeuger umfasst, der unabhängig vom ersten Hydraulikdruckerzeuger ansteuerbar ist, wobei der Bremsanlage ferner einen elektrisch ansteuerbaren dritten Hydraulikdruckerzeuger umfasst, der ausgebildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise einen Hydraulikdruck zu erzeugen. Das Verfahren umfasst die Schritte des Erkennens eines Funktionsverlusts des dritten Hydraulikdruckerzeugers

sowie eines Fahrerbremswunsches und des Ansteuerns, bei Erkennen des Funktionsverlusts des dritten Hydraulikdruckerzeugers und des Fahrerbremswunsches, des ersten Hydraulikdruckerzeugers und/oder des zweiten Hydraulikdruckerzeugers, um gemäß dem Fahrerbremswunsch einen Hydraulikdruck in wenigstens einem der Bremskreise zu erzeugen.

Ferner wird ein Computerprogramm angegeben, das Programmcode zum Durchführen des hier vorgestellten Verfahrens gemäß dem sechsten, siebten oder achten Aspekt umfasst, wenn der Programmcode auf einem Prozessor abläuft (z. B. innerhalb eines Kraftfahrzeug-Steuergeräts). Ebenfalls angegeben wird ein Kraftfahrzeug-Steuergerät oder Steuergerätsystem (aus mehreren Steuergeräten), wobei das Steuergerät oder Steuergerätsystem wenigstens einen Prozessor und wenigstens einen Speicher aufweist und wobei der wenigstens eine Speicher Programmcode umfasst, der, wenn er von dem wenigstens einen Prozessor ausgeführt wird, die Durchführung der Schritte des hier angegebenen Verfahrens bewirkt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Weitere Aspekte, Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Offenbarung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren. Es zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage;

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines Steuergerätsystems für die Bremsanlage gemäß Fig. 1;

Fig. 3A/3B Ablaufdiagramme von Ausführungsbeispielen von Verfahren zum Betreiben der Bremsanlage gemäß Fig. 1; und

Fig. 4 ein schematisches Diagramm, welches einen Regeleingriff im Rahmen des Verfahrens gemäß Fig. 3A veranschaulicht.

Detaillierte Beschreibung

In Fig. 1 ist das hydraulische Schaltbild eines Ausführungsbeispiels einer hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage 100 gezeigt.

Die Bremsanlage 100 umfasst eine mit einem Bremspedal (nicht gezeigt) koppelbare Baugruppe 110 zur Hydraulikdruckerzeugung und ein Hydrauliksteuerbaugruppe 120 (auch Hydraulic Control Unit, HCU, genannt) mit zwei separaten Bremskreisen I. und II. Die Bremsanlage 100 umfasst ferner vier Radbremsen 130. Zwei der vier Radbremsen 130 sind dem Bremskreis I. zugeordnet, während die beiden anderen Radbremsen 130 dem Bremskreis II. zugeordnet sind. Die Zuordnung der Radbremsen 130 zu den Bremskreisen I. und II. erfolgt gemäß einer Diagonalaufteilung derart, dass die Radbremsen 130A und 130B am rechten Hinterrad (HR) bzw. am linken Vorderrad (VL) dem Bremskreis I. zugeordnet sind, während die Radbremsen 130C und 130D am linken Hinterrad (HL) bzw. am rechten Vorderrad (VR) dem Bremskreis II. zugeordnet sind. Jegliche andere Aufteilung der Radbremsen 130 auf die Bremskreise I. und II. wäre ebenfalls denkbar.

Die Bremsanlage 100 umfasst ferner ein EPB-System mit zwei separat voneinander elektrisch ansteuerbaren elektromechanischen Aktuatoren 140A, 140B. In Fig. 1 sind die Aktuatoren 140A, 140B jeweils nur in Form eines Elektromotors angedeutet. Es versteht sich, dass die Aktuatoren 140A, 140B weitere Komponenten umfassen, wie beispielsweise ein Getriebe, über das die Aktuatoren 140A, 140B beispielsweise auf Radbremszylinder wirken.

Die beiden Aktuatoren 140A, 140B sind unterschiedlichen der vier Radbremsen 130 zugeordnet. Konkret ist der Aktuator 140A der Radbremse 130A des rechten Hinterrads (HR) zugeordnet, während der Aktuator 140B der Radbremse 130C des linken Hinterrads (HL) zugeordnet ist. Natürlich könnten in anderen Varianten die beiden Aktuatoren auch den Radbremsen 130B, 130D des rechten Vorderrads (VR) bzw. des linken Vorderrads (VL) zugeordnet sein.

Die Baugruppe 110 zur Hydraulikdruckerzeugung umfasst einen Hauptzylinder 110B und kann gemäß dem EBB- und/oder dem BBW-Prinzip betrieben werden. Dies bedeutet, dass in der Baugruppe 110 ein elektrisch ansteuerbarer Hydraulikdruckerzeuger verbaut ist, der ausgebildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise I. und II. einen Hydraulikdruck zu erzeugen. Dieser Hydraulikdruckerzeuger umfasst einen Elektromotor 110A, der zur Hydraulikdruckerzeugung über ein mechanisches Getriebe (nicht bezeichnet) unmittelbar oder mittelbar auf den Hauptzylinder 110B einwirkt. Eine mittelbare Einwirkung kann beispielsweise auf hydraulische Weise erfolgen (etwa indem das Getriebe auf eine Plunger-Anordnung einwirkt, deren Ausgang hydraulisch mit einem Eingang des Hauptzylinders 110B gekoppelt ist). Im

Folgenden wird mit dem Bezugszeichen 110B allgemein der in der Baugruppe 110 verbaute Hydraulikdruckerzeuger bezeichnet.

Die HCU 120 umfasst ein zweikreisig ausgebildetes ESC-System zur Durchführung von Regeleingriffen an den Radbremsen 130. Konkret umfasst das ESC-System einen ersten elektrisch ansteuerbarer Hydraulikdruckerzeuger 160 im ersten Bremskreis I. sowie einen zweiten elektrisch ansteuerbarer Hydraulikdruckerzeuger 170 im zweiten Bremskreis II. Jeder der beiden Hydraulikdruckerzeuger 160, 170 umfasst einen Elektromotor 160A, 170A sowie eine vom Elektromotor 160A, 170A betätigbare Pumpe 160B, 170B. Jede der beiden Pumpen 160B, 170B kann als Mehrkolbenpumpe, als Zahnradpumpe oder anderweitig ausgebildet sein. Jede Pumpe 160B, 170B ist entgegen ihrer Förderrichtung sperrend, wie anhand der Sperrventile am Ausgang und Eingang der Pumpen 160B, 170B dargestellt. Da die Drehzahl jedes der Elektromotoren 160A, 170A einstellbar ist, kann auch die Fördermenge jeder der Pumpen 160B, 170B durch entsprechende Ansteuerung des zugeordneten Elektromotors 160A, 170A eingestellt werden.

Die beiden Elektromotoren 160A, 170A - und damit die beiden Hydraulikdruckerzeuger 160, 170 - sind unabhängig voneinander ansteuerbar. Dies bedeutet, dass jeder der beiden Hydraulikdruckerzeuger 160 und 170 unabhängig vom anderen Hydraulikdruckerzeuger 170 bzw. 160 im jeweiligen Bremskreis I. bzw. II. einen Hydraulikdruck aufbauen kann. Diese Redundanz ist aus sicherheitstechnischen Überlegungen vorteilhaft.

Die Bremsanlage 100 arbeitet mittels eines Hydraulikfluids, das zum Teil in drei Reservoirs 110C, 190, 200 bevorratet ist. Während das Reservoir 110C ein druckloses Reservoir ist, das einen Teil der Baugruppe 110 bildet, sind die anderen beiden Reservoirs 190, 200 jeweils als Druckspeicher (z. B. als Low Pressure Accumulator, LPA) in einem der beiden Bremskreise I., II. verbaut. Die beiden Hydraulikdruckerzeuger 160 und 170 sind jeweils in der Lage, aus dem zugeordneten Reservoir 190 bzw. 200 oder aus dem zentralen Reservoir 110C Hydraulikfluid anzusaugen.

Das Reservoir 110C hat ein größeres Fassungsvermögen als jedes der beiden Reservoirs 190, 200. Das Volumen des in den beiden Reservoirs 190, 200 jeweils bevorrateten Hydraulikfluids reicht jedoch zumindest dafür aus, ein Fahrzeug auch bei einer erforderlichen Bremsdruckregelung an einer oder mehrerer der Radbremsen 130 sicher zum Stillstand bringen zu können (z. B. bei einer Notbremsung).

Der Bremskreis I. umfasst einen Hydraulikdrucksensor 180A, welcher eingangsseitig des Bremskreises I. im Bereich von dessen Schnittstelle zur Baugruppe 110 angeordnet ist. Das Signal des Hydraulikdrucksensors 180A kann im Zusammenhang mit einer Ansteuerung des in der Baugruppe 110 verbauten Hydraulikdruckerzeugers 110B und/oder des im Bremskreis I. verbauten Hydraulikdruckerzeugers 160 ausgewertet werden. Die Auswertung und Ansteuerung erfolgt mittels eines in Fig. 1 nur schematisch gezeigten Steuergerätesystems 300. In entsprechender Weise ist im Bremskreis II. ein weiterer Hydraulikdrucksensor 180B verbaut.

Wie in Fig. 1 gezeigt, sind die beiden Bremskreise I. und II. in Bezug auf die darin verbauten Komponenten sowie die Anordnung dieser Komponenten identisch aufgebaut. Aus diesem Grund werden im Folgenden nur der Aufbau und die Funktionsweise des ersten Bremskreises I. näher erläutert.

Im Bremskreis I. ist eine Mehrzahl von durch Elektromagnete betätigbare Ventilen vorgesehen, die im unbetätigten, also elektrisch nicht angesteuerten Zustand die in Fig. 1 dargestellten Grundstellungen einnehmen. In diesen Grundstellungen koppeln die Ventile die Baugruppe 110, insbesondere den Hauptzylinder 110B, mit den Radbremsen 130. So kann auch bei Funktionsverlust (z. B. einem Ausfall) der Energieversorgung und einem damit einhergehenden Ausfall des Hydraulikdruckerzeugers 110B) noch immer vom Fahrer mittels des auf den Hauptzylinder 110A einwirkenden Bremspedals ein Hydraulikdruck an den Radbremsen 130 aufgebaut werden. Dieser Hydraulikdruck wird dann aber im Fall einer EBB-Implementierung eben nicht verstärkt oder es erfolgt im Fall einer BBW-Implementierung dann eine mechanische Kopplung des Bremspedals mit dem Hauptzylinder 110A (Push-Through-, PT-, Betrieb). Im BBW-Betrieb ist der Hauptzylinder 110A hingegen in bekannter Weise fluidisch vom Bremskreis I. entkoppelt.

Die Vielzahl von Ventilen umfasst zwei 2/2-Wegeventile 210, 220, die eine Abkoppelung der beiden Radbremsen 130A und 130B von der Baugruppe 110 gestatten. Konkret ist das Ventil 210 dazu vorgesehen, im elektrisch angesteuerten Zustand die Radbremsen 130A, 130B von der Baugruppe 110 abzukoppeln, wenn mittels des Hydraulikdruckerzeugers 160 ein Regeleingriff an wenigstens einer der beiden Radbremsen 130A, 130B durchgeführt wird. Das Ventil 220 ermöglicht in seinem elektrisch angesteuerten Zustand, dass Hydraulikfluid aus dem Reservoir 110C angesaugt oder nachgesaugt werden kann (z. B. im Fall eines lang anhaltenden Regeleingriffes, falls dabei das Reservoir 190 vollständig entleert wird). Ferner ist in diesem elektrisch angesteuerten Zustand ein Druckabbau an den Radbremsen 130A, 130B

möglich, indem ein Rückfluss von Hydraulikfluid aus den Radbremsen 130A, 130B in das drucklose Reservoir 110C ermöglicht wird.

Die hydraulische Verbindung der Radbremsen 130A, 130B mit der Baugruppe 110 und dem Hydraulikdruckerzeuger 160 wird von vier 2/2-Wegeventile 230, 240, 250, 260 bestimmt, die im unbetätigten, also elektrisch nicht angesteuerten Zustand die in Fig. 1 dargestellten Grundstellungen einnehmen. Dies bedeutet, dass die beiden Ventile 230 und 260 jeweils ihre Durchflussstellung einnehmen, während die beiden Ventile 240 und 250 jeweils ihre Sperrstellung einnehmen. Die beiden Ventile 230 und 240 bilden eine der Radbremse 130B zugeordnete erste Ventilanordnung, während die beiden Ventile 250 und 260 eine der Radbremse 130A zugeordnete zweite Ventilanordnung bilden.

Wie nachfolgend erläutert wird, sind die beiden Ventile 210 und 220, die beiden Ventilanordnungen 230, 240 bzw. 250, 260 sowie der Hydraulikdruckerzeuger 160 jeweils dazu ausgebildet, um für Radbremsdruckregeleingriffe an der jeweiligen Radbremse 130A, 130B angesteuert zu werden. Die Ansteuerung der beiden Ventile 210 und 220, der beiden Ventilanordnungen 230, 240 bzw. 250, 260 und des Hydraulikdruckerzeugers 160 im Rahmen der Regeleingriffe erfolgt mittels des Steuergerätesystems 300. Das Steuergerätesystem 300 implementiert beispielsweise die Radbremsdruck-Regelungseingriffe einer Fahrdynamikregelung (z. B. einer Electronic Stability Control, ESC), wobei die Fahrdynamikregelung gemäß der vorliegenden Offenbarung auch ein Antiblockiersystem (ABS), eine Antriebsschlupfregelung (ASR) und eine Bremsdruckregelung für eine adaptive Geschwindigkeitsregelung (Adaptive Cruise Control, ACC) umfasst.

Bei einer Antiblockierregelung gilt es, während einer Bremsung ein Blockieren der Räder zu verhindern. Dazu ist es erforderlich, den Hydraulikdruck in den Radbremsen 130A, 130B individuell zu modulieren. Dies geschieht durch Einstellen in zeitlicher Folge wechselnder Druckaufbau-, Druckhalte- und Druckabbauphasen, die sich durch geeignete Ansteuerung der den beiden Radbremsen 130B und 130A zugeordneten Ventilanordnungen 230, 240 bzw. 250, 260 sowie ggf. des Hydraulikdruckerzeugers 160 ergeben.

Während einer Druckaufbauphase nehmen die Ventilanordnungen 230, 240 bzw. 250, 260 jeweils ihre Grundstellung ein, so dass ein Erhöhen des Bremsdrucks in den Radbremsen 130A, 130B (wie bei einer BBW-Bremsung) mittels des Hydraulikdruckerzeugers 160 erfolgen kann. Für eine Druckhaltephase an einer der Radbrem-

sen 130B und 130A wird nur das Ventil 230 bzw. 260 angesteuert, also in seine Sperrstellung überführt. Da ein Ansteuern des Ventils 240 bzw. 250 dabei nicht erfolgt, verbleibt es in seiner Sperrstellung. Dadurch ist die entsprechende Radbremse 130B bzw. 130A hydraulisch abgekoppelt, so dass ein in der Radbremse 130B bzw. 130A anstehender Hydraulikdruck konstant gehalten wird. Bei einer Druckabbauphase wird sowohl die Ventil 230 bzw. 260 als auch das Ventil 240 bzw. 250 angesteuert, also das Ventil 230 bzw. 260 in seine Sperrstellung und das Ventil 240 bzw. 250 in seine Durchflussstellung überführt. Somit kann Hydraulikfluid aus der Radbremse 130B bzw. 130A in Richtung der Reservoirs 110C und 190 abfließen, um einen in der Radbremse 130A bzw. 130B anstehenden Hydraulikdruck zu erniedrigen.

Andere Regeleingriffe im Normalbremsbetrieb erfolgen automatisiert und typischerweise unabhängig von einer Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer. Solche automatisierten Regelungen des Radbremsdrucks erfolgen beispielsweise im Zusammenhang mit einer Antriebsschlupfregelung, die ein Durchdrehen einzelner Räder bei einem Anfahrvorgang durch gezieltes Abbremsen verhindert, einer Fahrdynamikregelung im engeren Sinn, die das Fahrzeugverhalten im Grenzbereich durch gezieltes Abbremsen einzelner Räder an den Fahrerwunsch und die Fahrbahnverhältnisse anpasst, oder einer adaptiven Geschwindigkeitsregelung, die unter anderem durch selbsttätiges Bremsen einen Abstand des eigenen Fahrzeugs zu einem vorausfahrenden Fahrzeug einhält.

Beim Ausführen einer automatischen Hydraulikdruckregelung kann an wenigstens einer der Radbremsen 130A bzw. 130B durch Ansteuern des Hydraulikdruckerzeugers 160 ein Hydraulikdruck aufgebaut werden. Dabei nehmen die den Radbremsen 130B, 130A Hydraulikdruckerzeugers 160 zugeordneten Ventilanordnungen 230, 240 bzw. 250, 260 zunächst deren in Fig. 1 veranschaulichten Grundstellungen ein. Ein Feineinstellen oder Modulieren des Hydraulikdrucks kann durch entsprechende Ansteuerung des Hydraulikdruckerzeugers 160 sowie der den Radbremsen 130B bzw. 130A zugeordneten Ventile 230, 240 bzw. 250, 260 vorgenommen werden, wie im Zusammenhang mit der ABS-Regelung oben beispielhaft erläutert.

Die Hydraulikdruckregelung geschieht mittels des Steuergerätesystems 300 allgemein in Abhängigkeit von einerseits das Fahrzeugverhalten beschreibenden Messgrößen (z. B. Raddrehzahlen, Giergeschwindigkeit, Querschleunigung, usw.) und andererseits den Fahrerwunsch beschreibenden Messgrößen (z. B. Betätigung des Bremspedals, Lenkradwinkel, usw.). Ein Verzögerungswunsch des Fahrers kann beispielsweise mittels eines Wegsensors ermittelt werden, der mit dem Bremspedal oder

5 einem Eingangsglied des Hauptzylinders 110A gekoppelt ist. Als den Fahrerwunsch beschreibende Messgröße kann alternativ oder zusätzlich hierzu der im Hauptzylinder 110A vom Fahrer erzeugte Bremsdruck herangezogen werden, der dann mittels des Sensors 180A (sowie des entsprechenden, dem Bremskreis II. zugeordneten Sensors 180B) erfasst und ggf. plausibilisiert wird.

10 Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel des Steuergerätesystems 300 aus Fig. 2. Wie in Fig. 2 veranschaulicht, umfasst das Steuergerätesystem 300 ein erstes Steuergerät 302, das ausgebildet ist, den Hydraulikdruckerzeuger 160 sowie den EPB-Aktuator 140A anzusteuern, sowie ein zweites Steuergerät 304, das ausgebildet ist, den Hydraulikdruckerzeuger 170 sowie den EPB-Aktuator 140B anzusteuern. Wie im Zusammenhang mit der Fig. 1 erläutert, kann diese Ansteuerung auf der Grundlage einer Mehrzahl von sensorisch erfassten Messgrößen erfolgen.

15 Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 sind die beiden Steuergeräte 302 und 304 als räumlich zusammenhängende Steuergeräteeinheit 306 ausgebildet. So können die beiden Steuergeräte 302 und 304 in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sein, aber getrennte Prozessoren 302A, 304A zur Verarbeitung der Messgrößen und zum Ansteuern der jeweils zugeordneten Komponenten 140A, 160 bzw. 140B, 170 umfassen. Zum Datenaustausch, beispielsweise im Zusammenhang mit der Plausibilisierung von Messgrößen und/oder Ansteuersignalen, sind die entsprechenden Prozessoren 302A, 304A der beiden Steuergeräte 302, 304 über eine Prozessorschnittstelle 308 miteinander kommunikativ verbunden. Die Prozessorschnittstelle 308 ist im Ausführungsbeispiel als seriell-parallel-Schnittstelle (Serial-Parallel Interface, SPI) ausgebildet.

25 Das Steuergerätesystem 300 umfasst ferner ein drittes Steuergerät 310, das ausgebildet ist, den in der Baugruppe 310 verbauten Hydraulikdruckerzeuger 110B und damit insbesondere dessen Elektromotor anzusteuern. Je nach Ausgestaltung der Bremsanlage 100 kann diese Ansteuerung gemäß dem EBB-Prinzip oder dem BBW-Prinzip erfolgen. Das Steuergerät 310 kann mit den beiden anderen Steuergeräten 302 und 304 eine räumlich zusammenhängende Steuergeräteeinheit bilden oder aber beabstandet hiervon vorgesehen werden. In einer Realisierung ist ein Gehäuse des Steuergeräts 310 in die Baugruppe 110 integriert.

35 Wie in Fig. 2 gezeigt, sind zwei parallele elektrische Versorgungssysteme K30-1 und K30-2 vorgesehen. Jedes dieser beiden Versorgungssysteme K30-1 und K30-2 umfasst eine Spannungsquelle sowie dazugehörige Spannungsversorgungsleitungen. Im

Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 ist das Versorgungssystem K30-1 dazu ausgebildet, den EPB-Aktuator 140A sowie den Hydraulikdruckerzeuger 160 zu versorgen, während das parallele Versorgungssystem K30-2 ausgebildet ist, den anderen EPB-Aktuator 140B sowie den Hydraulikdruckerzeuger 170 zu versorgen. In einem anderen Ausführungsbeispiel könnten der EPB-Aktuator 140A und der Hydraulikdruckerzeuger 160 zusätzlich (also in redundanter Weise) vom Versorgungssystem K30-2 versorgbar sein, und der EPB-Aktuator 140B und der Hydraulikdruckerzeuger 170 könnten zusätzlich vom Versorgungssystem K30-1 versorgbar sein. Auf diese Weise wird die Systemredundanz weiter erhöht.

Jedes der drei Steuergeräte 302, 304 und 310 wird in redundanter Weise sowohl über das Versorgungssystem K30-1 als auch über das Versorgungssystem K30-2 versorgt. Zu diesem Zweck kann jedes der drei Steuergeräte 302, 304, 310 mit zwei separaten Versorgungsanschlüssen versehen sein, die jeweils einem der beiden Versorgungssysteme K30-1 bzw. K30-2 zugeordnet sind.

Wie in Fig. 2 ferner veranschaulicht, sind in redundanter Weise zwei parallele Kommunikationssysteme Bus1 und Bus2 vorgesehen, die im Ausführungsbeispiel jeweils als ein Fahrzeugbus (z. B. gemäß dem CAN- oder LIN-Standard) ausgebildet sind. Die drei Steuergeräte 302, 304 und 310 können über jedes dieser beiden Kommunikationssysteme Bus1, Bus2 miteinander kommunizieren.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 erfolgt die Ansteuerung der Komponenten 140A, 160 und 140B, 170 mittels der beiden Steuergeräte 302 bzw. 304 und die Ansteuerung des in der Baugruppe 110 verbauten Hydraulikdruckerzeugers 110B mittels des Steuergeräts 310 derart, dass das entsprechende Steuergerät 302, 304, 310 die Leistungsversorgung für die entsprechende Komponente ein- oder ausschaltet und ggf. moduliert (z. B. durch Pulsweitenmodulation). In einem anderen Ausführungsbeispiel können eine oder mehrere dieser Komponenten, insbesondere die EPB-Aktuatoren 140A, 140B, an eines oder beide der Kommunikationssysteme Bus1, Bus2 angeschlossen sein. In diesem Fall erfolgt die Ansteuerung dieser Komponenten mittels des zugeordneten Steuergeräts 302, 304, 310 dann über das entsprechende Kommunikationssystem Bus1, Bus2. Ferner kann in diesem Fall die entsprechende Komponente fortlaufend mit einem oder beiden der Versorgungssysteme K30-1, K30-2 verbunden sein.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm 400 gemäß Fig. 3A ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Betreiben der Bremsanlage 100 gemäß

Fig. 1 erläutert. Das Verfahren kann mittels des in Fig. 2 dargestellten Steuergerätesystems 300 oder eines anderweitig konfigurierten Steuergerätesystems durchgeführt werden.

5 Das Verfahren beginnt in Schritt 402 mit dem Erkennen eines Funktionsverlusts wenigstens eines der Bremskreise I., II. Der Funktionsverlust kann mittels eines in der Bremsanlage 100 verbauten Sensors, beispielsweise des Hydraulikdrucksensors 180A oder 180B, oder anderweitig erkannt werden. So kann eine Leckage des Bremskreises I. und ein damit einhergehender Funktionsverlust des Bremskreises I. dadurch
10 erkannt werden, dass der Hydraulikdrucksensor 180A einen Druckabfall erfasst. Auch kann ein Funktionsverlust wenigstens eines der beiden Hydraulikdruckerzeuger 160, 170 oder des dem jeweiligen Hydraulikdruckerzeuger 160, 170 zugeordneten Steuergeräts 302, 304 als ein Funktionsverlust des entsprechenden Bremskreises I., II. erkannt werden. Im Extremfall kann der Funktionsverlust zu einem vollständigen
15 Ausfall des entsprechenden Bremskreises I., II. führen.

In einem weiteren Schritt 404 wird das Erfordernis eines Regeleingriffs an dem von Funktionsverlust betroffenen Bremskreis erkannt. Die Schritte 402 und 404 können in beliebiger Reihenfolge und auch gleichzeitig durchgeführt werden. So kann ein in
20 Schritt 402 erkannter Bremskreis-Funktionsverlust selbst das Erfordernis für einen Regeleingriff gemäß Schritt 404 darstellen. In einer anderen Implementierung ist das Regeleingriff-Erfordernis gemäß Schritt 404 von dem in Schritt 402 erkannten Bremskreis-Funktionsverlust verschieden. So kann als Regeleingriff-Erfordernis gemäß Schritt 404 beispielsweise ein Blockieren eines gebremsten Rades oder das
25 Erfordernis eines Regeleingriffs im engeren Sinn (vgl. z. B. nachfolgende Fig. 4) erkannt werden. Das entsprechende Blockieren eines gebremsten Rades und/oder das entsprechende Fahrdynamikregel-Erfordernis können/kann im Zusammenhang mit einer Notbremsung auftreten. Diese Notbremsung kann als Reaktion auf den in Schritt 402 erkannten Bremskreis-Funktionsverlust oder als Reaktion auf ein anderes
30 Ereignis (z. B. ein unmittelbar bevorstehender Auffahrunfall oder eine die Fahrbahn betretende Person) erfolgen.

Wurden sowohl ein Bremskreis-Funktionsverlust (Schritt 402) als auch das Erfordernis eines Regeleingriffs (Schritt 404) erkannt, wird in Schritt 406 wenigstens einer
35 der EPB-Aktuatoren 140A, 140B und/oder der in Baugruppe 110 verbaute Hydraulikdruckerzeuger 110B angesteuert, um den Regeleingriff durchzuführen oder zu unterstützen. Bei einer Unterstützung des Regeleingriffs wird zusätzlich zu der Ansteuerung einer oder mehrerer der vorstehend genannten Komponenten zusätzlich

eine weitere Komponente angesteuert. Bei dieser weiteren Komponente kann es sich beispielsweise um den Hydraulikdruckerzeuger 160 handeln, wenn der Hydraulikdruckerzeuger 170 von dem Bremskreis-Ausfall betroffen ist (oder umgekehrt).

5 Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm 500 gemäß Fig. 3B ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Betreiben der Bremsanlage 100 gemäß Fig. 1 erläutert. Das Verfahren kann mittels des in Fig. 2 dargestellten Steuergerätesystems 300 oder eines anderweitig konfigurierten Steuergerätesystems durchgeführt werden.

10 Das Verfahren beginnt in Schritt 502 mit dem Erkennen eines Funktionsverlusts des Hydraulikdruckerzeugers 110B, der für eine EBB- und/oder BBW-Implementierung konfiguriert ist. Der Funktionsverlust kann mittels eines in der Bremsanlage 100 verbauten Sensors, beispielsweise des Hydraulikdrucksensors 180A oder 180B, oder
15 anderweitig erkannt werden. Bei dem Funktionsverlust kann es sich um einen Ausfall des Elektromotors 110A (einschließlich eines Ausfalls von dessen elektrischer Versorgung) oder des Steuergeräts 310 handeln. In einem weiteren Schritt 504 wird ein Fahrerbremswunsch erkannt. Diese Erkennung kann mittels eines am Bremspedal verbauten Sensors erkannt werden (z. B. eines Wegsensors). Wurden sowohl ein
20 Funktionsverlust (Schritt 502) als auch das Erfordernis eines Fahrerbremswunsches (Schritt 504) erkannt, wird in Schritt 506 wenigstens einer der Hydraulikdruckerzeuger 160, 170 gemäß dem Fahrerbremswunsch angesteuert. Diese Ansteuerung kann einer Bremskraftverstärkung (EBB-Implementierung) oder einer Bremskrafterzeugung ohne Fahrerkräfteanteil (BBW-Implementierung) dienen.

25 Das Ansteuerkonzept gemäß Schritt 406 aus Fig. 3A oder gemäß Schritt 506 aus Fig. 3B und die in den Fign. 1 und 2 veranschaulichten Redundanzen ermöglichen es, selbst bei Funktionsverlust eines der Bremskreise I., II. oder des Hydraulikdruckerzeugers 110B noch einen sicherheitsrelevanten Regeleingriff bzw. einen Bremskraftaufbau durchführen zu können. Dieser Sachverhalt wird für das Szenario gemäß Fig. 3A nachfolgend beispielhaft unter Bezugnahme auf die schematische Darstellung
30 gemäß Fig. 4 erläutert.

35 Fig. 4 zeigt einen unterstützenden Regeleingriff durch den EPB-Aktuator 140B bei Funktionsverlust des Bremskreises II. (beispielsweise aufgrund einer Leckage einer Hydraulikleitung oder eines Funktionsverlusts des Hydraulikdruckerzeugers 170) im Fall eines untersteuernden Fahrzeugs. Wird demgemäß in Schritt 402 des in Fig. 3A veranschaulichten Verfahrens der Funktionsverlust des Bremskreises II. erkannt und

wird ferner in Schritt 404 das Erfordernis eines Regeleingriffs aufgrund eines Untersteuerns erkannt, wird vom Steuergerät 304 in Schritt 406 selektiv der EPB-Aktuator 140B angesteuert, um mittels eines einseitigen Regeleingriffs ein Giermoment zu erzeugen, welches dem Untersteuern entgegenwirkt.

Es ist darauf hinzuweisen, dass Fig. 4 lediglich einen beispielhaften Regeleingriff veranschaulicht und der Schritt 406 auch im Zusammenhang mit anderen Regeleingriffen durchgeführt werden kann. So kann in dem Szenario gemäß Fig. 4 in gleicher Weise bei einem Funktionsverlust des Bremskreises II. (beispielsweise einem Funktionsverlust des Hydraulikdruckerzeugers 170) der Hydraulikdruckerzeuger 110B zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffs in Schritt 406 gemäß Fig. 3A angesteuert werden. Die im Bremskreis II. verbauten Ventile (vgl. Fig. 1) werden hierzu in eine entsprechende Stellung gebracht, um den in Fig. 4 veranschaulichten einseitigen Regeleingriff am linken Hinterrad zu ermöglichen. Die entsprechende Ansteuerung des Hydraulikdruckerzeugers 110B kann zusätzlich oder alternativ zu der vorstehend beschriebenen Ansteuerung des EPB-Aktuators 140B erfolgen. Die entsprechenden Bremsmomente des EPB-Aktuators 140B und des Hydraulikdruckerzeugers 110B lassen sich daher bei solchen Regeleingriffen überlagern.

Die drei Schritte 402, 404 und 406 können mittels des Steuergeräts 304 durchgeführt werden. Alternativ hierzu kann nur der Schritt 406 durch das Steuergerät 304 durchgeführt werden, während die Schritte 402 und 404 durch ein anderes Steuergerät durchgeführt werden, welches dem Steuergerät 406 signalisiert, dass beispielsweise der EPB-Aktuator 140B angesteuert werden muss. Der andere Bremskreis I. ist hingegen hydraulisch funktionsfähig und kann erforderlichenfalls zusätzlich zur Längs- und/oder Querregelung des Fahrzeugs verwendet werden. In diesem Zusammenhang können sich die entsprechenden Bremsmomente überlagern. Eine entsprechende Ansteuerung beispielsweise des Hydraulikdruckerzeugers 160 kann in diesem Fall mittels des Steuergeräts 302 erfolgen.

Die hier beschriebenen Konzepte können insbesondere im Zusammenhang mit dem hoch automatisierten (also autonomen oder teilautonomen) Fahren implementiert werden, um sicherheitsfunktionale Anforderungen einzuhalten. So wird beim hoch automatisierten Fahren gemäß „Level4“ davon ausgegangen, dass der Fahrer erst nach einer gewissen Karenzzeit in der Lage ist, wieder selbst die Kontrolle über sein Fahrzeug zu übernehmen. Tritt innerhalb dieser Karenzzeit ein Fehler in der Bremsanlage 100 auf, so ermöglichen die hier vorgestellten technischen Lehren eine Verbesserung der Grundfunktionalität im Vergleich zum manuellen Fahren.

Patentansprüche

1. Hydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage (100), umfassend:

5 ein Fahrdynamikregel-, ESC-, System, das zweikreisig ausgebildet ist und das einen ersten Bremskreis (I.), der auf eine oder mehrere erste Radbremsen (130A, 130B) wirkt, und einen zweiten Bremskreis (II.), der auf eine oder mehrere zweite Radbremsen (130C, 130D) wirkt, umfasst, wobei der erste Bremskreis (I.) einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) und der
10 zweite Bremskreis (II.) einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren zweiten Hydraulikdruckerzeuger (170) umfasst, der unabhängig vom ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) ansteuerbar ist;

15 einen elektrisch ansteuerbaren dritten Hydraulikdruckerzeuger (110B), der ausgebildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise (I., II.) einen Hydraulikdruck zu erzeugen; und

20 eine Steuerung (300), die ausgebildet ist:

 einen Funktionsverlust wenigstens eines der beiden Bremskreise (I., II.) sowie ein Erfordernis eines Regeleingriffes an dem wenigstens einen vom Funktionsverlust betroffenen Bremskreis (I., II.) zu erkennen; und

 bei Erkennen des Funktionsverlusts und des Erfordernisses eines Regeleingriffes wenigstens den dritten Hydraulikdruckerzeuger (110B) zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffes anzusteuern.

25 2. Hydraulische Kraftfahrzeug-Bremsanlage (100), umfassend:

 ein Fahrdynamikregel-, ESC-, System, das zweikreisig ausgebildet ist und das einen ersten Bremskreis (I.), der auf eine oder mehrere erste Radbremsen (130A, 130B) wirkt, und einen zweiten Bremskreis (II.), der auf eine oder mehrere zweite Radbremsen (130C, 130D) wirkt, umfasst, wobei der erste Bremskreis (I.) einen für
30 Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) und der zweite Bremskreis (II.) einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren zweiten Hydraulikdruckerzeuger (170) umfasst, der unabhängig vom ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) ansteuerbar ist;

35 einen elektrisch ansteuerbaren dritten Hydraulikdruckerzeuger (110B), der ausgebildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise (I., II.) einen Hydraulikdruck zu erzeugen; und

 eine Steuerung (300), die ausgebildet ist:

einen Funktionsverlust des dritten Hydraulikdruckerzeugers (110B) sowie einen Fahrerbremswunsch zu erkennen; und

bei Erkennen des Funktionsverlusts des dritten Hydraulikdruckerzeugers (110B) und des Fahrerbremswunsches den ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) und/oder den zweiten Hydraulikdruckerzeuger (170) anzusteuern, um gemäß dem Fahrerbremswunsch einen Hydraulikdruck in wenigstens einem der Bremskreise (I., II.) zu erzeugen.

3. Bremsanlage nach Anspruch 1 oder 2, ferner umfassend

ein elektrisches Parkbrems-, EPB-, System mit einem elektrisch ansteuerbaren ersten Aktuator (140A), der einer der ersten Radbremsen (130A) zugeordnet ist, und einem elektrisch ansteuerbaren zweiten Aktuator (140B), der einer der zweiten Radbremsen (130B) zugeordnet ist

wobei die Steuerung (300) ausgebildet ist, wenigstens einen der Aktuatoren (140A, 140B) bei Erkennen des Funktionsverlusts wenigstens eines der beiden Bremskreise und des Erfordernisses eines Regeleingriffes zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffes anzusteuern und/oder bei Erkennen des Funktionsverlusts des dritten Hydraulikdruckerzeugers und des Fahrerbremswunsches gemäß dem Fahrerbremswunsch anzusteuern.

4. Bremsanlage nach Anspruch 3, wobei

der erste Aktuator (140A) und der zweite Aktuator (140B) unabhängig voneinander elektrisch ansteuerbar sind.

5. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

die Bremsanlage als Brake-by-Wire-, BBW-, System ausgeführt ist, das den oder einen dritten Hydraulikdruckerzeuger (110B) umfasst, und/oder mit einem elektrischen Bremskraftverstärker-, EBB-, System ausgerüstet ist, das den oder einen dritten Hydraulikdruckerzeuger (110B) umfasst.

6. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

ein erster Sensor (180A) zur Erfassung eines Hydraulikdrucks im ersten Bremskreis (I.) und ein zweiter Sensor (180B) zur Erfassung eines Hydraulikdrucks im zweiten Bremskreis (II.) vorgesehen sind.

7. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

der erste Bremskreis (I.) und der zweite Bremskreis (II.) identisch aufgebaut sind.

8. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend ein erstes elektrisches Versorgungssystem (K30-1), das ausgebildet ist, den ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) und/oder den dritten Hydraulikdruckerzeuger (110B) zu versorgen; und/oder
ein zweites elektrisches Versorgungssystem (K30-2), das ausgebildet ist, den zweiten Hydraulikdruckerzeuger (170) und/oder den dritten Hydraulikdruckerzeuger (110B) zu versorgen.

9. Bremsanlage nach Anspruch 8, wobei
das erste elektrische Versorgungssystem (K30-1) ferner ausgebildet ist, den zweiten Hydraulikdruckerzeuger (170) zu versorgen; und/oder
das zweite elektrische Versorgungssystem (K30-2) ferner ausgebildet ist, den ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) zu versorgen.

10. Bremsanlage nach Anspruch 8 oder 9 in Kombination mit wenigstens Anspruch 3, wobei
das erste elektrische Versorgungssystem (K30-1) und/oder das zweite erste elektrische Versorgungssystem (K30-2) ferner ausgebildet ist, wenigstens einen der beiden Aktuatoren (140A, 140B) zu versorgen.

11. Bremsanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
wenigstens einer der Hydraulikdruckerzeuger (160, 170, 110B) als Motor-Pumpeneinheit ausgebildet ist.

12. Elektronisches Steuergerätesystem (30) für eine hydraulische Bremsanlage (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend
ein erstes Steuergerät (302), das ausgebildet ist, den ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) anzusteuern;
ein zweites Steuergerät (304), das ausgebildet ist, den zweiten Hydraulikdruckerzeuger (170) anzusteuern; und
ein drittes Steuergerät (310), das ausgebildet ist, den dritten Hydraulikdruckerzeuger (110B) anzusteuern.

13. Steuergerätesystem nach Anspruch 12 in Kombination mit zumindest Anspruch 3, wobei
das erste Steuergerät (302) ausgebildet ist, den ersten Aktuator (140A) anzusteuern; und

das zweite Steuergerät (304) ausgebildet ist, den zweiten Aktuator (140B) anzusteuern.

14. Steuergerätesystem nach Anspruch 12 oder 13 für eine elektrohydraulische Bremsanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei

wenigstens eines der Steuergeräte (302, 304, 310) ausgebildet ist, am ersten elektrischen Versorgungssystem (K30-1) und/oder am zweiten elektrischen Versorgungssystem (K30-2) betrieben zu werden.

15. Steuergerätesystem nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei wenigstens zwei der Steuergeräte (302, 304, 310) ausgebildet sind, über ein erstes Kommunikationssystem (401) und ein zweites Kommunikationssystem (402) miteinander zu kommunizieren.

16. Steuergerätesystem nach einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei das erste Steuergerät (302) und das zweite Steuergerät (304) eine räumlich zusammenhängende Steuergeräteeinheit (200) bilden.

17. Steuergerätesystem nach Anspruch 16, wobei das erste Steuergerät (302) einen ersten Prozessor (302A) und das zweite Steuergerät (304) einen zweiten Prozessor (304A) umfasst, die über eine Prozessorschnittstelle (308) kommunikativ miteinander verbunden sind.

18. Verfahren zum Betreiben einer hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage (100) mit einem Fahrdynamikregel-, ESC-, System, das zweikreisig ausgebildet ist und das einen ersten Bremskreis (I.), der auf eine oder mehrere erste Radbremsen (130A, 130B) wirkt, und einen zweiten Bremskreis (II.), der auf eine oder mehrere zweite Radbremsen (130C, 130D) wirkt, umfasst, wobei der erste Bremskreis (I.) einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) und der zweite Bremskreis (II.) einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren zweiten Hydraulikdruckerzeuger (170) umfasst, der unabhängig vom ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) ansteuerbar ist, und wobei die Bremsanlage ferner einen elektrisch ansteuerbaren dritten Hydraulikdruckerzeuger (100B) umfasst, der ausgebildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise (I., II.) einen Hydraulikdruck zu erzeugen, , das Verfahren umfassend die Schritte:

Erkennen (402, 404) eines Funktionsverlusts wenigstens eines der beiden Bremskreise (I., II.) sowie eines Erfordernisses eines Regeleingriffes an dem wenigstens einen vom Funktionsverlust betroffenen Bremskreis (I., II.); und

Ansteuern (406), bei Erkennen des Funktionsverlusts und des Erfordernisses eines Regeleingriffes, des dritten Hydraulikdruckerzeugers (110B) zum Durchführen oder Unterstützen des Regeleingriffs.

- 5 19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei
bei Erkennen des Funktionsverlusts eine Notbremsung durchgeführt wird und
der Regeleingriff im Rahmen der Notbremsung erfolgt.
- 10 20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, wobei
als Erfordernis eines Regeleingriffes ein Blockieren eines gebremsten Rades
erkannt wird und der Regeleingriff dem Blockieren des gebremsten Rades entgegen-
wirkt.
- 15 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, wobei
als Erfordernis eines Regeleingriffes eine Fahrdynamikregelung erkannt wird
und der Regeleingriff der Fahrdynamikregelung dient.
- 20 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 21, wobei
als Funktionsverlust wenigstens eines der beiden Bremskreise (I., II.) wenigstens
eines der folgenden Ereignisse erkannt wird:
- ein Funktionsverlust des ersten und/oder zweiten und/oder dritten Hydraulikdruckerzeugers (160, 170, 110B);
- ein Funktionsverlust eines dem ersten und/oder zweiten Hydraulikdruckerzeuger (160, 170) zugeordneten Steuergeräts (302, 304) und/oder eines dem dritten
25 Hydraulikdruckerzeuger (110B) zugeordneten Steuergeräts (310); und
- eine Leckage wenigstens eines der Bremskreise (I., II.).
- 30 23. Verfahren zum Betreiben einer hydraulischen Kraftfahrzeug-Bremsanlage
(100) mit einem Fahrdynamikregel-, ESC-, System, das zweikreisig ausgebildet ist
und das einen ersten Bremskreis (I.), der auf eine oder mehrere erste Radbremsen
(130A, 130B) wirkt, und einen zweiten Bremskreis (II.), der auf eine oder mehrere
zweite Radbremsen (130C, 130D) wirkt, umfasst, wobei der erste Bremskreis (I.)
einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren ersten Hydraulikdruckerzeuger
(160) und der zweite Bremskreis (II.) einen für Regeleingriffe elektrisch ansteuerbaren
35 zweiten Hydraulikdruckerzeuger (170) umfasst, der unabhängig vom ersten Hydraulikdruckerzeuger (160) ansteuerbar ist, wobei der Bremsanlage (100) ferner einen elektrisch ansteuerbaren dritten Hydraulikdruckerzeuger (110B) umfasst, der ausge-

bildet ist, für wenigstens einen der beiden Bremskreise (I., II.) einen Hydraulikdruck zu erzeugen, das Verfahren umfassend die Schritte:

Erkennen eines Funktionsverlusts des dritten Hydraulikdruckerzeugers (110B) sowie eines Fahrerbremswunsches; und

5 Ansteuern, bei Erkennen des Funktionsverlusts des dritten Hydraulikdruckerzeugers (110B) und des Fahrerbremswunsches, des ersten Hydraulikdruckerzeugers (160) und/oder des zweiten Hydraulikdruckerzeugers (170), um gemäß dem Fahrerbremswunsch einen Hydraulikdruck in wenigstens einem der Bremskreise (I., II.) zu erzeugen.

10 24. Computerprogramm mit Programmcode zum Durchführen des Verfahrens gemäß wenigstens eines der Ansprüche 18 bis 23, wenn das Computerprogramm auf wenigstens einem Prozessor abläuft.

15

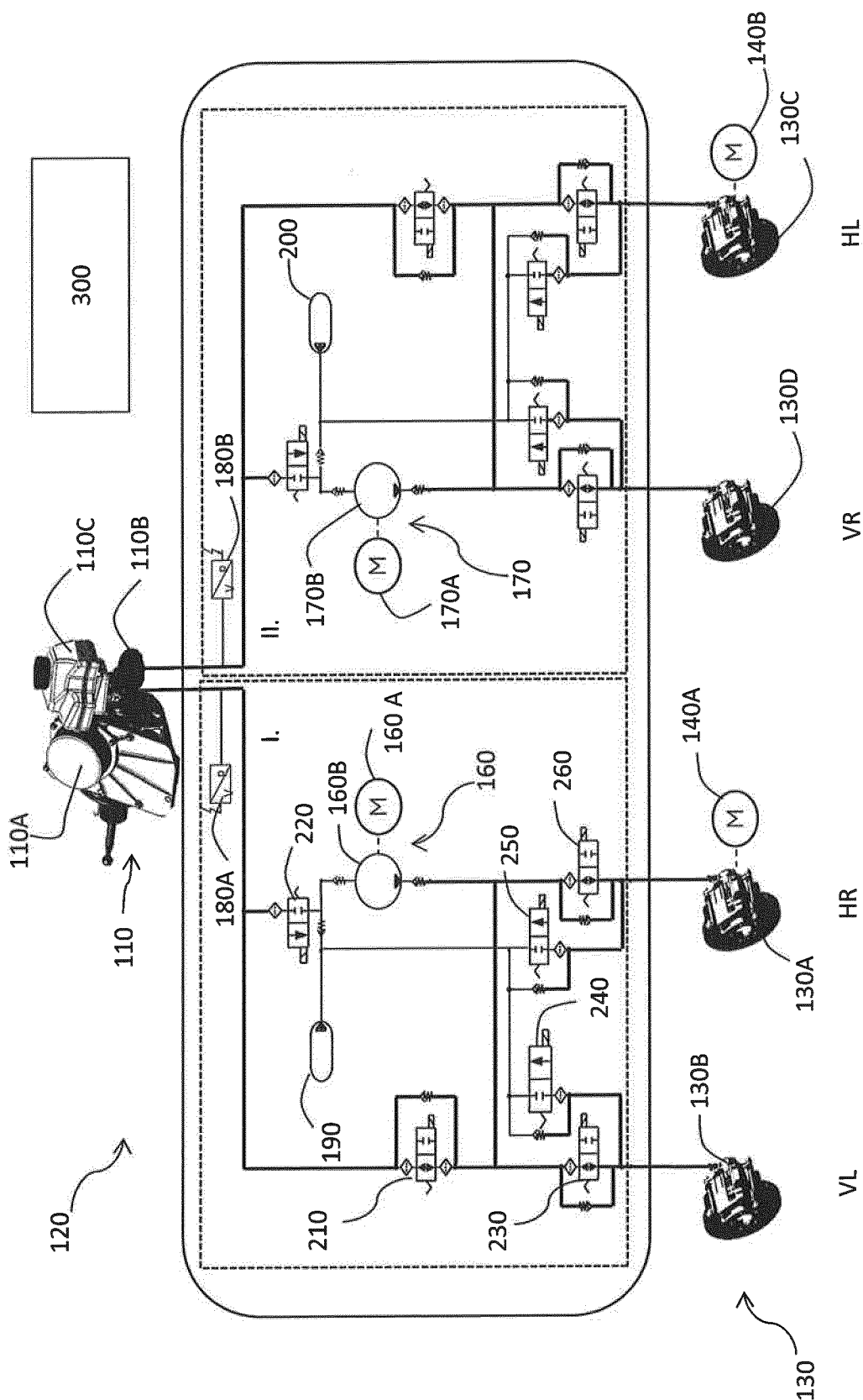


Fig. 1

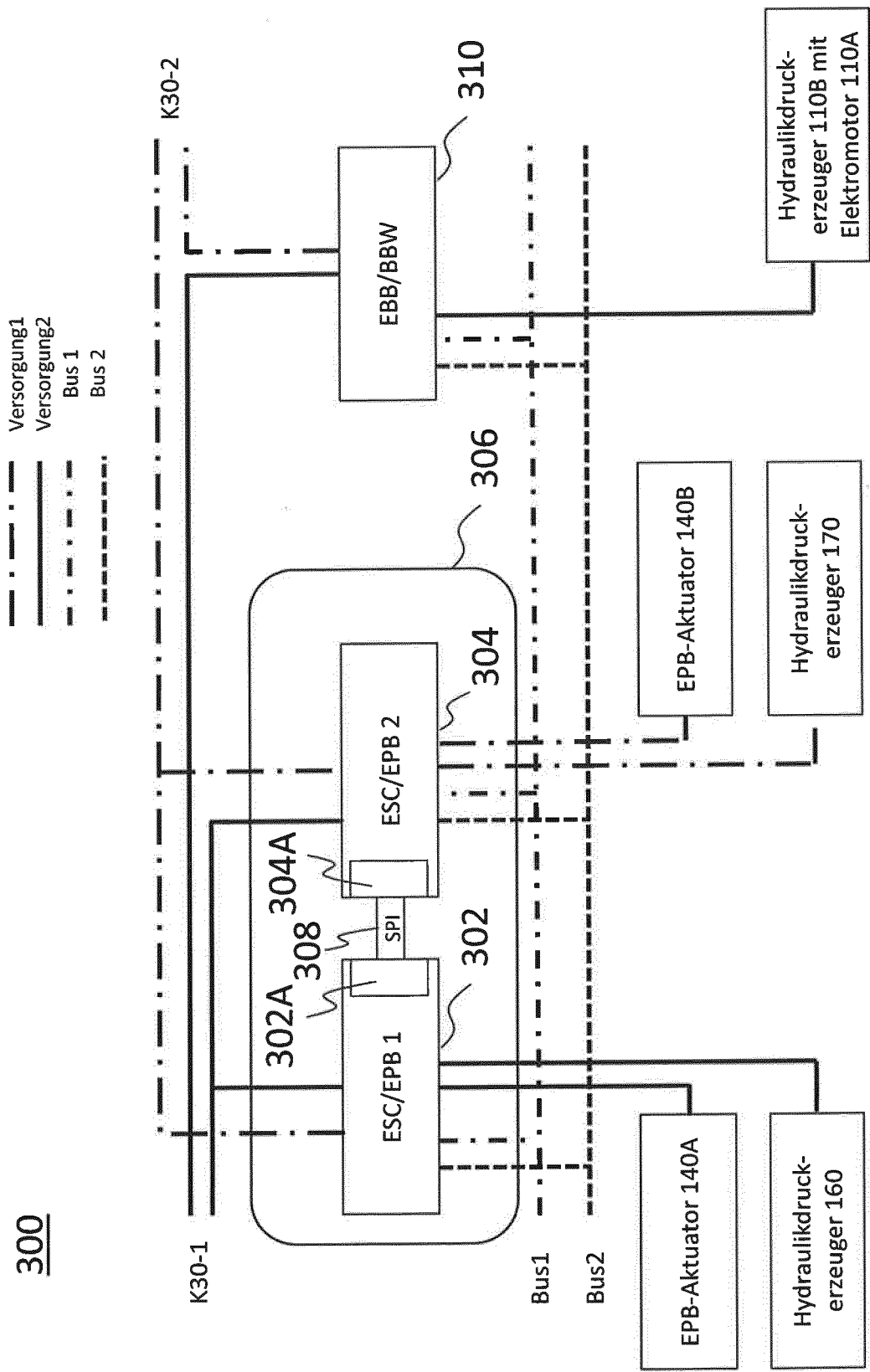
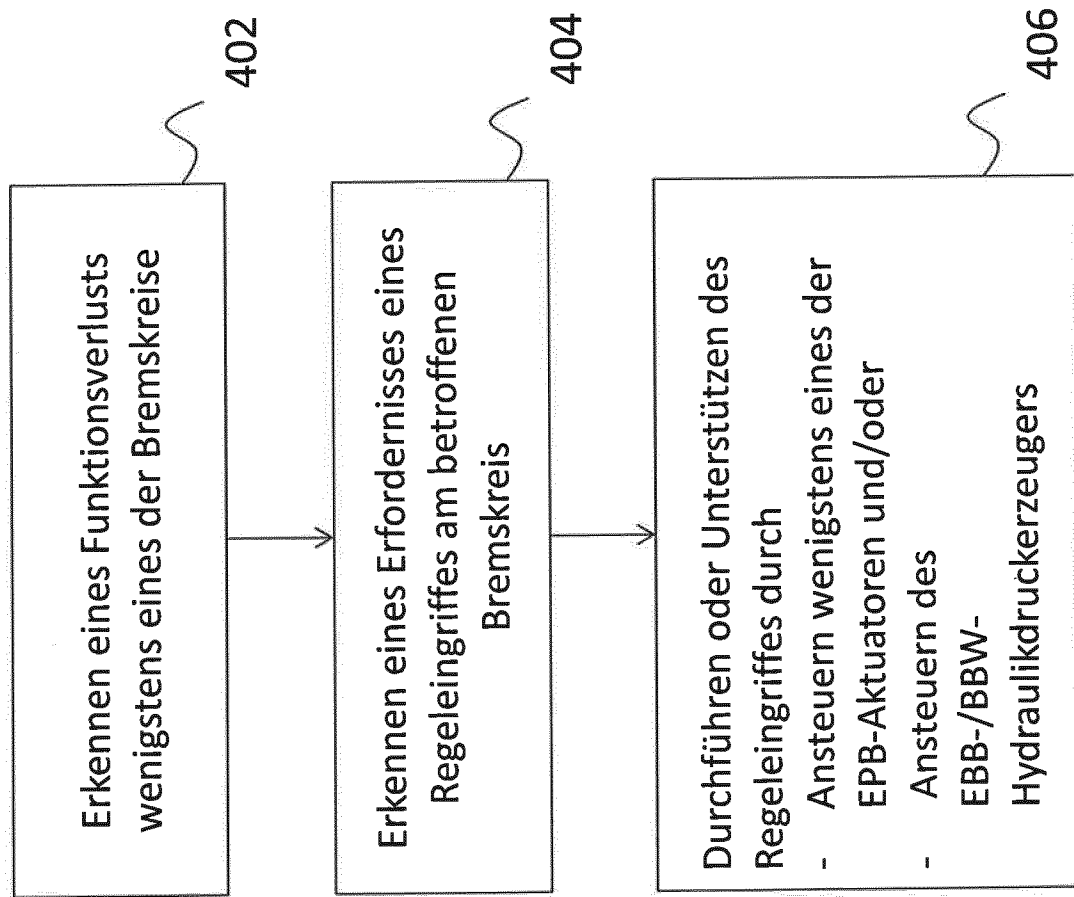
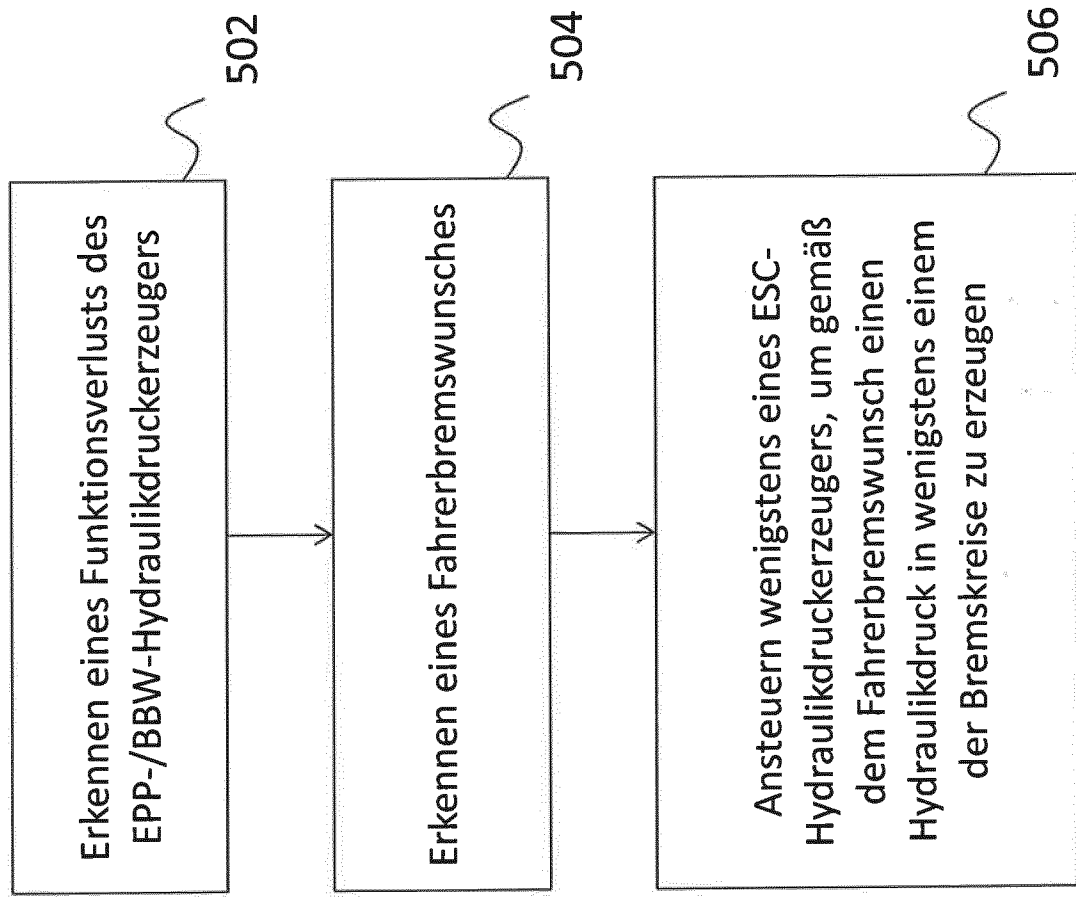
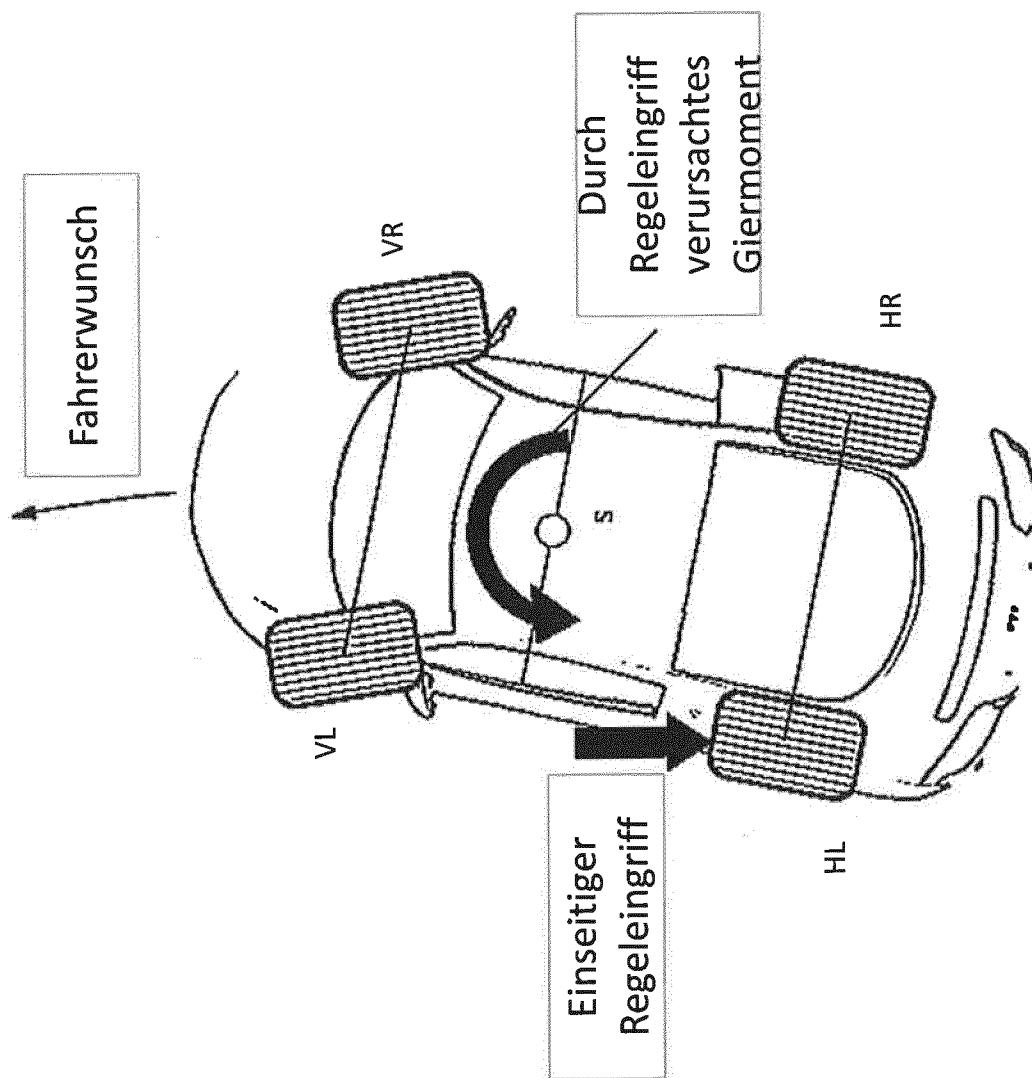


Fig. 2

**Fig. 3A**

**Fig. 3B**

**Fig. 4**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2018/056834

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B60T8/44 B60T13/74
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B60T

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.
Y	WO 2016/000865 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 7 January 2016 (2016-01-07) page 11, line 16 - line 18; figure 2 page 15, line 7 - line 11 page 22, line 26 - page 24, line 3 -----	1-24
Y	EP 2 977 282 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 27 January 2016 (2016-01-27) paragraph [0050]; figure 1 paragraph [0057] -----	1-24
Y	DE 10 2008 037666 A1 (HITACHI LTD [JP]) 5 March 2009 (2009-03-05) -----	2,5-9, 11,12, 14-17, 23,24
A	paragraph [0045] - paragraph [0047]; figure 1 ----- -/-	3,4,10, 13



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

11 May 2018

Date of mailing of the international search report

25/05/2018

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Meijs, Paul

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2018/056834

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2014 214378 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 28 January 2016 (2016-01-28) paragraph [0064] - paragraph [0065]; figure 1 paragraph [0020] - paragraph [0027] -----	2,5-9, 11,12, 14-17, 23,24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/056834

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2016000865 A1	07-01-2016	CN 106458176 A DE 102015208148 A1 EP 3160807 A1 KR 20170020824 A WO 2016000865 A1	22-02-2017 31-12-2015 03-05-2017 24-02-2017 07-01-2016
EP 2977282 A1	27-01-2016	DE 102014214375 A1 EP 2977282 A1	28-01-2016 27-01-2016
DE 102008037666 A1	05-03-2009	CN 101367378 A DE 102008037666 A1 JP 5014919 B2 JP 2009045982 A US 2009045672 A1	18-02-2009 05-03-2009 29-08-2012 05-03-2009 19-02-2009
DE 102014214378 A1	28-01-2016	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B60T8/44 B60T13/74
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B60T

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.
Y	WO 2016/000865 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 7. Januar 2016 (2016-01-07) Seite 11, Zeile 16 - Zeile 18; Abbildung 2 Seite 15, Zeile 7 - Zeile 11 Seite 22, Zeile 26 - Seite 24, Zeile 3 -----	1-24
Y	EP 2 977 282 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 27. Januar 2016 (2016-01-27) Absatz [0050]; Abbildung 1 Absatz [0057] -----	1-24
Y	DE 10 2008 037666 A1 (HITACHI LTD [JP]) 5. März 2009 (2009-03-05) -----	2,5-9, 11,12, 14-17, 23,24
A	Absatz [0045] - Absatz [0047]; Abbildung 1 ----- -/-	3,4,10, 13



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

11. Mai 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/05/2018

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

Meijs, Paul

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2014 214378 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 28. Januar 2016 (2016-01-28) Absatz [0064] - Absatz [0065]; Abbildung 1 Absatz [0020] - Absatz [0027] -----	2,5-9, 11,12, 14-17, 23,24

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/056834

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2016000865 A1	07-01-2016	CN 106458176 A DE 102015208148 A1 EP 3160807 A1 KR 20170020824 A WO 2016000865 A1	22-02-2017 31-12-2015 03-05-2017 24-02-2017 07-01-2016
EP 2977282 A1	27-01-2016	DE 102014214375 A1 EP 2977282 A1	28-01-2016 27-01-2016
DE 102008037666 A1	05-03-2009	CN 101367378 A DE 102008037666 A1 JP 5014919 B2 JP 2009045982 A US 2009045672 A1	18-02-2009 05-03-2009 29-08-2012 05-03-2009 19-02-2009
DE 102014214378 A1	28-01-2016	KEINE	