

(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
01. September 2022 (01.09.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/179723 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60T 13/66 (2006.01) B60T 17/22 (2006.01)
B60T 13/74 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/082922

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. November 2021 (25.11.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 104 249.6
23. Februar 2021 (23.02.2021) DE

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

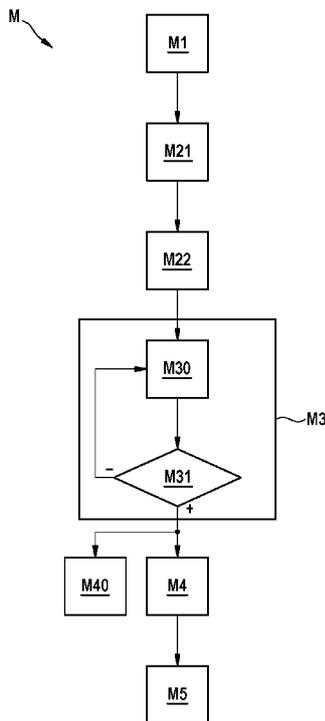
(72) Erfinder: **OVERZIER, Frank**; Heimerwegwiesen 6,
75233 Tiefenbromm (DE).

(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, IT, 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, 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,

(54) Title: METHOD FOR BRAKING A VEHICLE AND BRAKING SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BREMSEN EINES FAHRZEUGS UND BREMSSYSTEM



(57) Abstract: The invention relates to a method (M) for braking a vehicle, comprising: sensing (M1) a braking request signal which represents a target deceleration of the vehicle; generating (M21), by means of a first pressure generating device (10), a hydraulic brake pressure in a wheel-brake cylinder (1) based on the sensed braking request signal, which pressure generating device is hydraulically connected to the wheel-brake cylinder (1); detecting (M3) a fault state of the first pressure generating device (10); determining (M4) a replacement braking request signal, if a fault state of the first pressure generating device (10) is detected, wherein the replacement braking request signal is determined based on a target deceleration known at a predetermined time before the detection of the fault state; and generating (M5), by means of a brake pressure control system (120), a replacement brake pressure in the wheel-brake cylinder (1) based on the determined replacement braking request signal, which brake pressure control system has a second pressure generating device (20) which is hydraulically coupled to the wheel-brake cylinder. The invention also relates to a method (M) for braking a vehicle, in which the replacement braking request signal is determined based on a target deceleration, known at a predetermined time before the detection of the fault state, based on a braking torque generated by an electric machine kinematically coupled to a wheel of the vehicle. A further aspect of the invention relates to a braking system (100) for a vehicle.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren (M) zum Bremsen eines Fahrzeugs, umfassend: Erfassen (M1) eines Bremswunschssignals, welches eine Zielverzögerung des Fahrzeugs repräsentiert; Erzeugen (M21) eines hydraulischen Bremsdrucks in einem Radbremszylinder (1) basierend auf dem erfassten Bremswunschs signal mittels einer ersten Druckerzeugungseinrichtung (10), welche hydraulisch mit dem Radbremszylinder (1) verbunden ist; Detektieren (M3) eines Fehlerzustands der ersten Druckerzeugungseinrichtung (10); Ermitteln (M4) eines Ersatzbremswunschs signals, wenn ein Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung (10) detektiert wird, wobei das Ersatzbremswunschs signal basierend auf einer zu einem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des

Fig. 2

WO 2022/179723 A1

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)

Fehlerzustands bekannten Zielverzögerung ermittelt wird; und Erzeugen (M5) eines Ersatzbremsdrucks in dem Radbremszylinder (1) basierend auf dem ermittelten Ersatzbremswunschsignal mittels einer Bremsdruckregelanlage (120), welche eine hydraulisch an den Radbremszylinder gekoppelte zweite Druckerzeugungseinrichtung (20) aufweist. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren (M) zum Bremsen eines Fahrzeugs, bei dem das Ersatzbremswunschsignal basierend auf einer zu einem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands bekannten Zielverzögerung basierend auf einem von einer kinematisch an ein Rad des Fahrzeugs gekoppelten elektrischen Maschine erzeugten Bremsmoment ermittelt wird. Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Bremssystem (100) für ein Fahrzeug.

5 Beschreibung

Titel

VERFAHREN ZUM BREMSEN EINES FAHRZEUGS UND BREMSSYSTEM

10 Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bremsen eines Fahrzeugs sowie ein Bremssystem für ein Fahrzeug.

15 Stand der Technik

In Straßenfahrzeugen, wie z.B. PKW oder LKW, kommen typischerweise hydraulische Bremssysteme zum Einsatz. Zunehmend werden solche hydraulischen Bremssysteme nach einem „Brake-by-Wire“-Prinzip betrieben, wobei eine Betätigung eines Bremspedals sensorisch erfasst und daraus ein Bremswunsch ermittelt wird, welcher eine gewünschte Verzögerung des Fahrzeugs repräsentiert. Aus dem Bremswunsch wird dann ein hydraulischer Druck ermittelt, der mittels einer Druckerzeugungseinrichtung, wie z.B. einem elektrisch angetriebenen Plunger, in einem Radbremszylinder zum Bremsen eines Rads des Fahrzeugs erzeugt wird.

Ferner weisen Bremssysteme von Straßenfahrzeugen üblicherweise Bremsdruckregelanlagen zur radindividuellen Bremsdruckregelung auf, z.B. um eine Anti-Blockier-Funktion (ABS) auszuführen. Typischerweise verfügen solche Bremsdruckregelanlagen über eine eigene Druckerzeugungseinrichtung sowie über eine Ventilanordnung zur radindividuellen Druckvariation.

Wenn bei nach dem Brake-by-Wire-Prinzip arbeitenden Bremssystemen die Druckerzeugungseinrichtung ausfällt, wird typischerweise ein Hauptbremszylinder, welcher durch das Bremspedal betätigbar ist, hydraulisch

mit dem Radbremszylinder verbunden, so dass manuell der erforderliche Bremsdruck erzeugt werden kann.

5 In der DE 10 2014 225 954 A1 wird ein Bremssystem beschrieben, bei welchem eine Druckerzeugungseinrichtung einer Bremsdruckregelanlage, welche dazu eingerichtet ist, radindividuelle Bremsdrücke zu erzeugen, beim Ausfall einer ersten fremdangesteuerten Druckerzeugungseinrichtung die Erzeugung des gewünschten Bremsdrucks übernimmt.

10 Offenbarung der Erfindung

Erfindungsgemäß sind ein Verfahren zum Bremsen eines Fahrzeugs mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Verfahren zum Bremsen eines Fahrzeugs mit den Merkmalen des Anspruchs 10 sowie ein Bremssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 12 vorgesehen.

15

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Bremsen eines Fahrzeugs vorgesehen. Das Verfahren umfasst ein Erfassen eines Bremswunschsignals, welches eine Zielverzögerung des Fahrzeugs repräsentiert, beispielsweise basierend auf einer Betätigung einer Bremsbetätigungseinrichtung, ein Erzeugen eines hydraulischen Bremsdrucks in einem Radbremszylinder basierend auf dem erfassten Bremswunschsignal mittels einer ersten Druckerzeugungseinrichtung, welche hydraulisch mit dem Radbremszylinder verbunden ist, ein Detektieren eines Fehlerzustands der ersten Druckerzeugungseinrichtung, ein Ermitteln eines Ersatzbremswunschsignals, wenn ein Fehlerzustands der ersten Druckerzeugungseinrichtung detektiert wird, wobei das Ersatzbremswunschsignal basierend auf einer zu einem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands bekannten Zielverzögerung ermittelt wird, und ein Erzeugen eines Ersatzbremsdrucks in dem Radbremszylinder basierend auf dem ermittelten Ersatzbremswunschsignal mittels einer Bremsdruckregelanlage, welche eine hydraulisch an den Radbremszylinder gekoppelte zweite Druckerzeugungseinrichtung aufweist.

20

25

30

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung umfasst ein Verfahren zum Bremsen eines Fahrzeugs ein Erfassen eines Bremswunschssignals, welches eine Zielverzögerung des Fahrzeugs repräsentiert, beispielsweise basierend auf einer Betätigung einer Bremsbetätigungseinrichtung, ein Erzeugen eines
5 Bremsmoments mittels einer kinematisch an ein Rad des Fahrzeugs gekoppelten elektrischen Maschine basierend auf dem Bremswunschsinal, ein Vorhalten einer hydraulisch mit einem Radbremszylinder verbundenen ersten Druckerzeugungseinrichtung zum Erzeugen eines Bremsdrucks in dem Radbremszylinder basierend auf dem Bremswunschsinal, ein Detektieren eines
10 Fehlerzustands der ersten Druckerzeugungseinrichtung, ein Ermitteln eines Ersatzbremswunschsinal, wenn ein Fehlerzustands der ersten Druckerzeugungseinrichtung detektiert wird, wobei das Ersatzbremswunschsinal basierend auf einer zu einem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands bekannten Zielverzögerung basierend auf
15 dem von der elektrischen Maschine erzeugten Bremsmoment ermittelt wird, und ein Erzeugen eines Ersatzbremsdrucks in dem Radbremszylinder basierend auf dem ermittelten Ersatzbremswunschsinal mittels einer Bremsdruckregelanlage, welche eine hydraulisch an den Radbremszylinder gekoppelte zweite Druckerzeugungseinrichtung aufweist.

Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung ist ein Bremssystem für ein Fahrzeug vorgesehen. Das Bremssystem umfasst einen Sensor zur Erfassung eines Bremswunschs bzw. Bremswunschsinal, einen Radbremszylinder zur Erzeugung einer Reibkraft an einem Rad des Fahrzeugs, eine erste
25 Druckerzeugungseinrichtung, welche hydraulisch an den Radbremszylinder gekoppelt und dazu eingerichtet ist, einen hydraulischen Druck in dem Radbremszylinder zu erzeugen, eine Bremsdruckregelanlage mit einer zweiten Druckerzeugungseinrichtung, welche hydraulisch an den Radbremszylinder gekoppelt und dazu eingerichtet ist, unabhängig von der ersten
30 Druckerzeugungseinrichtung einen hydraulischen Druck in dem Radbremszylinder zu erzeugen, und ein Steuerungssystem, welches mit dem Betätigungssensor, der ersten Druckerzeugungseinrichtung und der Bremsdruckregelanlage signalverbunden und dazu eingerichtet ist, das Bremssystem zur Ausführung eines Verfahrens nach dem ersten Aspekt der
35 Erfindung zu veranlassen. Wenn das Verfahren nach dem dritten Aspekt der

Erfindung ausgeführt wird, kann das Steuerungssystem insbesondere eine Schnittstelle zur Verbindung mit der elektrischen Maschine aufweisen.

5 Eine der Erfindung zugrundeliegende Idee besteht darin, in einem Bremssystem, in dem der hydraulische Bremsdruck mithilfe einer fremdkraftbetriebene bzw. nicht kinematisch an eine Bremsbetätigungseinrichtung, wie z.B. ein Bremspedal oder einen Bremshebel, gekoppelten Druckerzeugungseinrichtung erzeugt wird, einen Ausfall der Druckerzeugungseinrichtung durch eine
10 Bremsdruckregelanlage zu kompensieren, welche an sich z.B. zur Ausführung einer ABS- oder ESP-Funktion vorgesehen ist, wobei die Bremsdruckregelanlage bei Detektion eines Ausfalls bzw. Fehlerzustands der Druckerzeugungseinrichtung initial einen Bremsdruck einstellt, welcher einem vor der Detektion des Ausfalls bekannten Bremsdruck entspricht oder äquivalent zu einem durch eine elektrische Maschine erzeugten Bremsmoment ist. Das heißt,
15 es muss nicht auf eine Erfassung eines beispielsweise durch den Fahrer erzeugten Bremswunschsinal zurückgegriffen werden, sondern es wird zunächst automatisch ein Bremsdruck eingestellt, der einer zu einem bestimmten, vergangenen Zeitpunkt bekannten gewünschten Zielverzögerung entspricht. Dieser Ersatzbremsdruck wird somit ausschließlich basierend auf dem
20 ermittelten bzw. entsprechend erzeugten Ersatzbremswunschsinal erzeugt, wobei das Ersatzbremswunschsinal insbesondere konstant sein kann, zumindest für einen vorbestimmten Zeitraum. Die vorliegende Erfindung ist hierbei sowohl für eine rein hydraulische Bremsung, eine Bremsung, bei der das Bremsmoment teilweise durch eine als Generator betriebene elektrische
25 Maschine und teilweise hydraulisch bzw. mittels des Radbremszylinders erzeugt wird, und eine rein regenerative Bremsung einsetzbar, bei der das Bremsmoment zunächst vollständig durch eine als Generator betriebene elektrische Maschine erzeugt wird. Im letztgenannten Fall bzw. nach dem zweiten Aspekt der Erfindung wird die erste Druckerzeugungseinrichtung vorgehalten, um z.B. als
30 Back-up oder ergänzend nachträglich einzugreifen. Wenn die erste Druckerzeugungseinrichtung während einer rein regenerativen Bremsung ausfällt, bevor sie einen Bremsdruck im Radbremszylinder erzeugt, wird die regenerative Bremsung beendet und die Bremsdruckregelanlage erzeugt den Bremsdruck im Radbremszylinder basierend auf dem letzten gültigen

Bremsmoment, das die elektrische Maschine vor dem Ausfall der ersten Druckerzeugungseinrichtung erzeugt hat.

5 Ein Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung, welche z.B. ein durch einen Elektromotor angetriebener Plunger sein kann, kann allgemein dann detektiert werden, wenn die Druckerzeugungseinrichtung nicht mehr in der Lage ist, den gewünschten Bremsdruck einzustellen. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn die Druckerzeugungseinrichtung an sich defekt ist, z.B. weil der Elektromotor überhitzt oder in sonstiger Weise beschädigt ist, oder wenn die
10 Druckerzeugungseinrichtung kein Aktuationssignal erhält. Der letztgenannte Fall kann z.B. eintreten, wenn die Erfassung des Bremswunschssignals nicht mehr funktioniert oder wenn die Ermittlung des Bremsdrucks, z.B. mithilfe einer Steuerungseinheit, nicht mehr funktioniert.

15 Ein Vorteil der Erfindung liegt darin, dass sofort nach Ausfall der ersten Druckerzeugungseinrichtung ein Bremsdruck mittels der zweiten Druckerzeugungseinrichtung der Bremsdruckregelanlage basierend auf einem vor dem Ausfall bekannten Bremswunsch erzeugt werden kann. Das heißt, es muss nicht erst eine Reaktion des Fahrers, die z.B. in einem Nachtreten des
20 Bremspedals oder ein Nachziehen des Bremshebels liegen kann, abgewartet werden. Somit kann der Bremsweg vorteilhaft verkürzt werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung unter Bezugnahme auf
25 die Figuren der Zeichnung.

Gemäß manchen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass das Erfassen eines Bremswunschssignals ein Erfassen einer Betätigung einer Bremsbetätigungseinrichtung umfasst. Beispielsweise kann mithilfe eines
30 Betätigungssensors der Stellweg eines Bremspedals oder eines Bremshebels erfasst werden, wobei das Bremswunschssignal basierend auf dem erfassten Stellweg erzeugt wird. Es sind auch andere Arten der Betätigungserfassung denkbar, z.B. die Erfassung eines Drucks, der durch Betätigung der Bremsbetätigungseinrichtung in einem Simulator erzeugt wird. Allgemein kann

das Erfassen des Bremswunschssignals basierend auf einer Betätigung einer Bremsbetätigungseinrichtung erfolgen.

5 Gemäß manchen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass das Ermitteln des Ersatzbremswunschssignals ein Ermitteln eines Stellwegs einer Bremsbetätigungseinrichtung zu dem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands umfasst. Der Stellweg der Bremsbetätigungseinrichtung, wie z.B. eines Pedals oder Hebels, kann insbesondere mit einem Stellwegsensord ermittelt werden, wie bereits erläutert. Der ermittelte Stellweg kann zeitaufgelöst
10 erfasst werden und für einen vorbestimmten, insbesondere gleitenden Zeitraum können die erfassten Werte gespeichert werden, so dass auch bei einem Ausfall des Stellwegsensors und/oder der ersten Druckerzeugungseinrichtung auf die letzten gültigen Werte zurückgegriffen werden kann, die dann zur Ermittlung des Ersatzbremswunsches herangezogen werden. Auf diese Weise wird die
15 Sicherheit weiter verbessert.

Gemäß manchen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass das Ermitteln des Ersatzbremswunschssignals ein Ermitteln eines Bremsdrucks im Radbremszylinder zu dem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands umfasst. Beispielsweise kann in einem hydraulischen Pfad,
20 welcher die erste Druckerzeugungseinrichtung mit dem Radbremszylinder verbindet, der Druck mittels eines Sensors erfasst werden, insbesondere zeitaufgelöst, wobei für einen vorbestimmten, insbesondere gleitenden Zeitraum die erfassten Werte gespeichert werden können, so dass auch bei einem Ausfall
25 der ersten Druckerzeugungseinrichtung auf die letzten gültigen Werte zurückgegriffen werden kann, die dann zur Ermittlung des Ersatzbremswunsches herangezogen werden. Auf diese Weise wird die Sicherheit weiter verbessert.

Gemäß manchen Ausführungsformen kann das Verfahren ein Erzeugen eines Bremsmoments mittels einer kinematisch an ein Rad des Fahrzeugs gekoppelten elektrischen Maschine basierend auf dem Bremswunschssignal umfassen. Dies kann z.B. bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen oder Hybridfahrzeugen vorteilhaft sein, wobei die gewünschte Zielverzögerung teilweise durch das Betreiben der elektrischen Maschine als Generator und teilweise mithilfe des
30 Radbremszylinders erfolgt. Der hydraulische Bremsdruck, der im
35

Radbremszylinder durch die erste und/oder die zweite Druckerzeugungseinrichtung erzeugt wird, hängt somit auch davon ab, welchen Anteil an der Zielverzögerung die elektrische Maschine liefert.

5 Gemäß manchen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass das Ersatzbremsmoment basierend auf dem von der elektrischen Maschine erzeugten Bremsmoment ermittelt wird. Beispielsweise kann eine Steuerungseinheit der elektrischen Maschine, z.B. eine Leistungselektronik, ein
10 das von der elektrischen Maschine erzeugten Bremsmoment repräsentierendes Maschinensteuersignal an das Steuerungssystem des hydraulischen Bremssystems ausgeben, welches anhand dieses Maschinensteuersignals ermittelt, welches Bremsmoment durch den Reibbremszylinder erzeugt werden muss.

15 Gemäß manchen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass die Bremsdruckregelanlage eine erste Steuerungseinheit aufweist, welche die zweite Druckerzeugungseinrichtung betätigt, und wobei ein Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung anhand eines Steuersignals detektiert wird, welches
20 an die erste Steuerungseinheit der gesendet wird. Beispielsweise kann ein Fehlerzustand erkannt werden, wenn das Steuersignal ausbleibt oder wenn anstelle des Steuersignals ein Fehlersignal an die erste Steuerungseinheit gesendet wird. Die erste Steuerungseinheit kann insbesondere eine Prozessoreinheit, z.B. mit einer oder mehreren CPUs, FPGAs, ASICs oder dergleichen, und einen Datenspeicher, insbesondere einen nicht-flüchtigen
25 Datenspeicher wie einen HDD-Speicher oder einen SSD-Speicher aufweisen. Beispielsweise kann in dem Datenspeicher Software gespeichert sein, welche durch die Prozessoreinheit ausführbar ist, um Ausgabesignale, insbesondere Betätigungssignale an die zweite Druckerzeugungseinrichtung und optional an Ventile auszugeben, um diese zu betätigen. Die Ausgabesignale können z.B.
30 basierend auf dem Steuersignal und/oder basierend auf einem Drucksignal erzeugt werden, welches einen an einer Saugseite der zweiten Druckerzeugungseinrichtung anliegenden aktuellen Druck repräsentiert. Die erste Steuerungsvorrichtung kann z.B. dazu eingerichtet sein, die Druckerzeugungseinrichtung, gegebenenfalls im Zusammenarbeit mit einer

Ventilanordnung zur Ausführung einer Antiblockierfunktion und/oder zu einer radindividuellen Variation des Bremsdrucks zu veranlassen.

5 Gemäß manchen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass die erste Druckerzeugungseinrichtung durch eine zweite Steuerungseinheit basierend auf dem Bremswunschsignal betätigt wird, wobei die zweite Steuerungseinheit das erste Steuersignal erzeugt und an die erste Steuerungseinheit sendet. Die zweite Steuerungseinheit kann insbesondere eine Prozessoreinheit, z.B. mit einer oder mehreren CPUs, FPGAs, ASICs oder dergleichen, und einen Datenspeicher, 10 insbesondere einen nicht-flüchtigen Datenspeicher wie einen HDD-Speicher oder einen SSD-Speicher aufweisen. Beispielsweise kann in dem Datenspeicher Software gespeichert sein, welche durch die Prozessoreinheit ausführbar ist, um Ausgabesignale, insbesondere Betätigungssignale an die erste Druckerzeugungseinrichtung und optional an Ventile auszugeben, um diese zu 15 betätigen. Beispielsweise kann die zweite Steuerungseinheit basierend auf dem Bremswunschsignal, welches z.B. durch einen an die Bremsbetätigungseinrichtung gekoppelten Stellwegsensor ausgegeben werden kann, den Bremsdruck ermitteln und die erste Druckerzeugungseinrichtung entsprechend betätigen. Die zweite Steuerungsvorrichtung kann der ersten 20 Steuerungsvorrichtung z.B. den ermittelten Bremsdruck, den Stellweg der Bremsbetätigungseinrichtung oder eine andere zur Zielverzögerung proportionale in dem Steuersignal mitteilen. Optional kann die erste Steuerungsvorrichtung für einen bestimmten, gleitenden Zeitraum die von der zweiten Steuerungsvorrichtung erhaltenen Steuersignale in ihrem Datenspeicher 25 speichern, so dass im Falle eines Fehlerzustands der Druckerzeugungseinrichtung auf die gespeicherten Werte zurückgegriffen werden kann, um das Ersatzbremswunschsignal leichter ermitteln zu können.

30 Gemäß manchen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass das Erzeugen des Ersatzbremsdrucks ein Erzeugen eines linearen, eines stufenweisen, und/oder eines progressiven oder eines degressiven Druckanstiegs im Radbremszylinder umfasst.

35 Gemäß manchen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass durch das Betätigen der Bremsbetätigungseinrichtung, welche wie bereits erläutert z.B. ein

Bremspedal oder ein Bremshebel sein kann, mittels eines Hauptbremszylinders ein hydraulischer Rückstelldruck in einem Rückstellsimulator erzeugt wird, und wobei, wenn ein Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung detektiert wird, der Hauptbremszylinder hydraulisch an den Radbremszylinder gekoppelt wird, und die erste Druckerzeugungseinrichtung vorzugsweise von dem Radbremszylinder hydraulisch getrennt wird. Der Hauptbremszylinder kann z.B. durch ein erstes Trennventil hydraulisch mit dem Radbremszylinder verbunden und von diesem getrennt werden. Die erste Druckerzeugungseinrichtung kann in ähnlicher Weise durch ein zweites Trennventil hydraulisch mit dem Radbremszylinder verbunden und von diesem getrennt werden. Wenn die erste Druckerzeugungseinrichtung in einem funktionsfähigen Zustand ist, ist das erste Trennventil geschlossen und der Hauptbremszylinder, welcher kinematisch an die Bremsbetätigungseinrichtung gekoppelt ist, ist dadurch hydraulisch vom Radbremszylinder getrennt. Im Falle eines Fehlerzustands der ersten Druckerzeugungseinrichtung wird das erste Trennventil geöffnet und optional das zweite Trennventil geschlossen. Dadurch wird der Hauptbremszylinder hydraulisch mit dem Radbremszylinder verbunden. Dies führt dazu, dass der Fahrer an der Bremsbetätigungseinrichtung nicht mehr nur die Rückstellkraft des Simulators spürt, sondern den tatsächlich herrschenden Bremsdruck. Außerdem führt das Öffnen des ersten Trennventils zu einer Volumenverschiebung aus dem Radbremszylinder heraus in den Hauptbremszylinder und somit zu einem Abfall des Bremsdrucks. Dies müsste an sich durch den Fahrer durch eine weitere Betätigung der Bremsbetätigungseinrichtung kompensiert werden, z.B. durch nachtreten des Bremspedals. Da jedoch erfindungsgemäß die Bremsdruckregelanlage die Druckerzeugung zumindest übergangsweise vollständig übernehmen kann und den letzten bekannten Bremsdruck einstellt, wird dem Fahrer mehr Zeit zur Reaktion gegeben, was den Bedienkomfort und die Sicherheit vorteilhaft verbessert.

Gemäß manchen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, wobei der Ersatzbremsdruck für einen vorbestimmten ersten Zeitraum basierend auf dem ermittelten Ersatzbremswunschsignal erzeugt wird und das Ersatzbremswunschsignal anschließend innerhalb eines Übergangszeitraums auf Null reduziert wird, insbesondere linear, wobei während des Übergangszeitraums der Ersatzbremsdruck basierend auf einer Summe des

5 Ersatzbremswunschssignals und des erfassten Bremswunschssignals mittels der
Bremsdruckregelanlage erzeugt wird. Demnach wird nach Erreichen des
Ersatzbremsdrucks, der basierend auf dem Ersatzbremswuschsignal eingestellt
wird, das Ersatzbremswunschssignal reduziert, was gleichzeitig zu einer
10 Reduzierung des Ersatzbremsdrucks führt. Um die Verzögerung des Fahrzeugs
konstant zu halten, muss diese Reduzierung durch Betätigung der
Bremsbetätigungseinrichtung und somit erzeugen eines entsprechenden
Bremswunschssignals ausgeglichen werden. Somit wird ein Übergangsablauf
bereitgestellt, in dem das Ersatzbremswunschssignal zunehmend reduziert, z.B.
15 linear verringert wird.

Gemäß manchen Ausführungsformen des Bremssystems kann der Sensor zur
Erfassung des Bremswunschssignals ein Betätigungssensor sein, welcher dazu
ausgebildet ist, eine Betätigung, insbesondere einen Stellweg, einer
15 Bremsbetätigungseinrichtung zu erfassen. Die Erfassung eines Stellwegs, z.B.
eines Pedals oder eines Bremshebels, ist vorteilhaft relativ ausfallsicher.
Außerdem können die durch einen Betätigungssensor erfassten
Betätigungssignale auf einfache Weise umgerechnet und gespeichert werden,
was die Erzeugung des Ersatzbremswunschssignals erleichtert.

20 Die hierin für einen Aspekt der Erfindung offenbarten Merkmale und Vorteile sind
jeweils auch für die anderen Aspekte der Erfindung offenbart und umgekehrt.

Im Folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die Figuren der
25 Zeichnungen erläutert. Von den Figuren zeigen:

Fig. 1A, 1B eine schematische Darstellung eines hydraulischen Schaltbilds
eines Bremssystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der
Erfindung;

30 Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms eines
Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

35 Fig. 3 eine qualitative Darstellung der Verläufe eines Bremsdrucks, eines
Stellwegs eines Bremspedals und eines Bremswunschs während

eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

5 Fig. 4 eine qualitative Darstellung der Verläufe eines Bremsdrucks, eines Stellwegs eines Bremspedals und eines Bremswunschs während eines Verfahrens gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

10 In den Figuren bezeichnen dieselben Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten, soweit nichts Gegenteiliges angegeben ist.

In den Fig. 1A und 1B ist schematisch ein Bremssystem 100 für ein Fahrzeug gezeigt, insbesondere für ein Straßenfahrzeug, wie einen PKW, einen Bus oder einen LKW. Das Bremssystem 100 weist zumindest einen Radbremszylinder 1, eine Bremskraftherzeugungsanordnung 110, eine Bremsdruckregelanlage 120 und ein Steuerungssystem 130 auf. Die Bremskraftherzeugungsanordnung 110 ist in Fig. 1A dargestellt, die Bremsdruckregelanlage 120 ist in Fig. 1B gezeigt. Teile des Steuerungssystems 130 finden sich sowohl in Fig. 1A als auch in Fig. 1B.

20 Wie in Fig. 1B beispielhaft gezeigt ist, kann je Rad insbesondere ein Radbremszylinder 1 vorgesehen sein. Der Radbremszylinder 1 ist dazu ausgebildet, einen hydraulischen Druck in eine Bewegung eines Reibbelags umzuwandeln, um diesen mit einer zu dem hydraulischen Druck proportionalen Anpresskraft gegen ein an das Rad gekoppeltes Reibstück 101 zu drücken, so dass eine die Drehung des Rads hemmende Reib- oder Bremskraft erzeugt wird.

Wie in Fig. 1A dargestellt, weist die Bremskraftherzeugungsanordnung 110 einen Betätigungssensor 30 und eine erste Druckerzeugungseinrichtung 10 auf. Optional kann die Bremskraftherzeugungsanordnung 110 ferner einen kinematisch an ein Bremspedal 2 gekoppelten Hauptbremszylinder 12 sowie ein Reservoir 15 zur Aufnahme von Bremsflüssigkeit aufweisen. Anstatt eines Bremspedals 2 könnte auch ein Bremshebel oder allgemein eine Bremsbetätigungseinrichtung vorgesehen sein. Im Folgenden wird aus Gründen der Übersichtlichkeit auf ein Bremspedal 2 Bezug genommen, wobei die Erfindung nicht hierauf beschränkt ist.

Der Betätigungssensor 30 dient zur Erfassung eines Bremswunsches, welcher eine Zielverzögerung des Fahrzeugs repräsentiert. Beispielsweise kann der Betätigungssensor 30 ein Stellwegsensor sein, welcher dazu eingerichtet ist, einen Stellweg oder eine Verschiebung eines durch einen Fahrer betätigbaren Bremspedals 2 zu erfassen.

Der Hauptbremszylinder 12 ist kinematisch an das Bremspedal 2 gekoppelt und durch dieses betätigbar. Durch Verschieben des Bremspedals 2 wird Bremsflüssigkeit aus dem Hauptbremszylinder 12 heraus transportiert. Wie in Fig. 1A beispielhaft dargestellt, kann der Hauptbremszylinder 12 hydraulisch an einen Rückstellsimulator 14 gekoppelt sein, welcher eine zum Betätigungsweg des Pedals 2 proportionale Rückstellkraft erzeugt. Ferner ist der Hauptbremszylinder 12 über erste Trennventile 13A hydraulisch an den Radbremszylinder 1 koppelbar und von diesem trennbar. In Fig. 1A ist beispielhaft ein Zustand dargestellt, in welchem die ersten Trennventile 13A geöffnet und der Hauptbremszylinder 12 somit hydraulisch an die Radbremszylinder 1 gekoppelt ist. Die ersten Trennventile 13A können z.B. schaltbare Magnetventile sein, welche stromlos offen sind.

Wie in Fig. 1A beispielhaft gezeigt, kann die erste Druckerzeugungseinrichtung 10 z.B. als ein Plunger 11 ausgeführt sein, welcher einen durch einen Motor, insbesondere einen Elektromotor 11A verschiebbaren Kolben 11B aufweist. Die erste Druckerzeugungseinrichtung 10 ist hydraulisch mit dem Radbremszylinder 1 verbunden. Insbesondere kann die erste Druckerzeugungseinrichtung 10 über zweite Trennventile 13B hydraulisch an den Radbremszylinder 1 koppelbar und von diesem trennbar sein, wie dies in den Fig. 1A, 1B beispielhaft gezeigt ist. In Fig. 1A ist rein beispielhaft ein Zustand dargestellt, in welchem die zweiten Trennventile 13B geschlossen und die erste Druckerzeugungseinrichtung 10 somit hydraulisch von den Radbremszylinder 1 getrennt ist. Die zweiten Trennventile 13B können z.B. schaltbare Magnetventile sein, welche stromlos geschlossen sind.

Die Bremsdruckregelanlage 120 dient allgemein zur Einstellung eines radindividuellen Bremsdrucks, z.B. zur Ausführung einer Antiblockierfunktion, wie

z.B. ABS oder ESP. Wie in Fig. 1B schematisch dargestellt umfasst die Bremsdruckregelanlage 120 eine zweite Druckerzeugungseinrichtung 20, welche von der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 unabhängig betätigbar ist. Die zweite Druckerzeugungseinrichtung 20 kann, wie in Fig. 1B beispielhaft gezeigt, z.B. eine Pumpe 21 je zwei Rädern bzw. Radbremszylindern 1 aufweisen, wobei die Pumpen 21 durch einen gemeinsamen Motor 22, z.B. einen Elektromotor, betätigt werden. Es ist jedoch auch denkbar, dass je Rad bzw. je Radbremszylinder 1 je eine Pumpe 21 vorgesehen ist. Wie in Fig. 1B schematisch dargestellt, ist die Pumpe 21 in einem hydraulischen Pfad angeordnet, welcher die erste Druckerzeugungseinrichtung 10 und, bei geöffneten ersten Trennventilen 13A, den Hauptbremszylinder 12 mit dem jeweiligen Radbremszylinder 1 verbindet. Wie in Fig. 1B außerdem schematisch und rein beispielhaft gezeigt ist, kann die Bremsdruckregelanlage 120 je Radbremszylinder 1 ein Einlassventil 23 und ein Auslassventil 24 aufweisen, wobei das Einlassventil 23 in einem hydraulischen Pfad angeordnet ist, welcher einen Druckausgang der Pumpe 21 mit dem Radbremszylinder 1 verbindet, und wobei das Einlassventil 23 in einem hydraulischen Pfad angeordnet ist, welcher einen Saugengang der Pumpe 21 mit dem Radbremszylinder 1 verbindet. Die Ein- und Auslassventile 23, 24 können insbesondere schaltbare Magnetventile sein, so dass durch Betreiben der zweiten Druckerzeugungseinrichtung 20 und Betätigen der Ein- und Auslassventile 23, 24 eine radindividuelle Bremsdruckeinstellung möglich ist.

Das Steuerungssystem 130 kann insbesondere eine erste Steuerungseinheit 131 und eine zweite Steuerungseinheit 132 aufweisen. Grundsätzlich ist jedoch auch denkbar, lediglich eine Steuerungseinheit vorzusehen. Die Steuerungseinheiten 130, können insbesondere eine Prozessoreinheit (nicht dargestellt), z.B. mit einer oder mehreren CPUs, FPGAs, ASICs oder dergleichen, und einen Datenspeicher (nicht dargestellt), insbesondere einen nicht-flüchtigen Datenspeicher wie einen HDD-Speicher oder einen SSD-Speicher aufweisen. Beispielsweise kann in dem Datenspeicher Software gespeichert sein, welche durch die jeweilige Prozessoreinheit ausführbar ist, um Ausgabesignale zu erzeugen.

Die erste und die zweite Steuerungseinheit 131, 132 sind signalverbunden, z.B. durch einen Datenbus 133 wie einen CAN-Bus. Ferner ist der Betätigungssensor 30 mit der ersten und/oder der zweiten Steuerungseinheit 131, 132 verbunden, z.B. über den Datenbus 133 oder eine andere drahtlose oder drahtgebundene Verbindung. Die erste Druckerzeugungseinrichtung 10 ist ferner mit der zweiten Druckerzeugungseinrichtung 20 und gegebenenfalls mit den Ein- und Auslassventilen 23, 24 signalverbunden. Diese Signalverbindung kann beispielsweise ebenfalls über den Datenbus 133 oder eine andere drahtgebundene oder drahtlose Verbindung realisiert werden. Die zweite Steuerungseinheit 132 ist mit der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 sowie mit den ersten und zweiten Trennventilen 13A, 13B signalverbunden, z.B. über den Datenbus 133 oder eine andere drahtgebundene oder drahtlose Verbindung. Das Steuerungssystem 130 ist somit mit dem Betätigungssensor 30, der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 und der Bremsdruckregelanlage 120 signalverbunden. Optional kann das Steuerungssystem 130 ferner mit einer elektrischen Maschine 150 signalverbunden sein, z.B. über den Datenbus 133 oder eine andere drahtgebundene oder drahtlose Verbindung. Die elektrische Maschine 150 ist an ein oder mehrere Räder des Fahrzeugs kinematisch gekoppelt und kann sowohl als Motor als auch als Generator betrieben werden. Beispielsweise kann die erste und/oder die zweite Steuereinheit 131, 132 eine Schnittstelle zur Verbindung mit der elektrischen Maschine 150 aufweisen.

In Fig. 2 ist schematisch der Ablauf eines Verfahrens M zum Bremsen eines Fahrzeugs dargestellt. Dieses Verfahren M kann insbesondere mithilfe des voranstehend erläuterten Bremssystems 100 durchgeführt werden. Insbesondere kann das Steuerungssystem 130 dazu eingerichtet sein, das Bremssystem 100 zur Ausführung dieses Verfahrens M zu veranlassen. Daher wird das Verfahren M nachfolgend unter Bezugnahme auf das in den Fig. 1A und 1B dargestellte Bremssystem 100 erläutert.

In einem ersten Schritt M1 des Verfahrens wird ein Bremswunschsignal, welches eine Zielverzögerung des Fahrzeugs repräsentiert. Beispielsweise kann das Bremswunschsignal basierend auf der Betätigung des Bremspedals 2 oder allgemein einer Bremsbetätigungseinrichtung erfasst werden, z.B. mithilfe des Stellwegsensors 30.

In einem weiteren Schritt M21 wird mittels der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 ein Bremsdruck in dem Radbremszylinder 1 basierend auf dem erfassten Bremswunschsignal erzeugt. Beispielsweise kann die zweite Steuerungseinheit 132 aus dem erfassten Bremswunschsignal den Bremsdruck ermitteln, welcher in dem Radbremszylinder zum Erzielen der gewünschten Verzögerung eingestellt werden muss, und ein entsprechendes Betätigungssignal an die erste Druckerzeugungseinrichtung 10 ausgeben, um diese zum Einstellen des Bremsdrucks zu veranlassen. Alternativ oder zusätzlich zu Schritt M21 erfolgt in einem Schritt M22 ein Erzeugen eines Bremsmoments mittels der kinematisch an ein Rad des Fahrzeugs gekoppelten elektrischen Maschine 150 basierend auf dem Bremswunschsignal. Insbesondere kann im Fall eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs oder eines Hybridfahrzeugs die elektrische Maschine 150, welche das Rad antreibt, als Generator betrieben werden, um das Fahrzeug zu bremsen. Es ist anzumerken, dass die Bremskrafterzeugungsanordnung 110 und die Bremsdruckregelanlage 120 auch dann vorgehalten werden, wenn eine rein regenerative Bremsung ausschließlich mithilfe der elektrischen Maschine 150 durchgeführt wird, z.B. für den Fall, dass das von der elektrischen Maschine 150 erzeugte Bremsmoment nicht ausreicht, um die gewünschte Verzögerung des Fahrzeugs zu erzielen.

In Schritt M3 erfolgt ein Detektieren M3 eines Fehlerzustands der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10. Beispielsweise kann in einem Schritt M30 der Funktionszustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 ermittelt werden. In einem weiteren Schritt M31 kann ermittelt werden, ob der Funktionszustand einem Fehlerzustand entspricht. Ein Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 kann dann vorliegen, wenn diese nicht mehr in der Lage ist, den gewünschten Bremsdruck einzustellen. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn die Druckerzeugungseinrichtung 10 an sich defekt ist, z.B. weil der Elektromotor 11 beschädigt ist, oder wenn die Druckerzeugungseinrichtung 10 kein Betätigungssignal mehr von der zweiten Steuerungseinheit 132 erhält. Der letztgenannte Fall kann z.B. eintreten, wenn die Erfassung des Bremswunschsignals nicht mehr funktioniert, beispielsweise aufgrund eines Defekts des Sensors 30, oder wenn die Ermittlung des Bremsdrucks mithilfe der zweiten Steuerungseinheit 132 nicht mehr funktioniert. Das Detektieren des

Fehlerzustands kann z.B. mithilfe der ersten Steuerungseinheit 131 durch Auswertung eines Steuersignals, welches an die erste Steuerungseinheit 131 gesendet wird. Beispielsweise kann die zweite Steuerungseinheit 132 das erste Steuersignal an die erste Steuerungseinheit 131 senden. Das erste Steuersignal kann z.B. den von der zweiten Steuerungseinheit 132 ermittelten Bremsdruck, das Bremswunschsignal und/oder ein Statussignal enthalten, welches den Funktionszustand repräsentiert. Die erste Steuerungseinheit 131 kann somit beispielsweise anhand des im Steuersignal enthaltenen Funktionszustands einen Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 detektieren, anhand eines Ausbleibens des Steuersignals von der zweiten Steuerungseinheit 132 oder anhand charakteristischer Kenngrößen im Steuersignal wie z.B. einem Gradienten.

Wenn in Schritt M31 bestimmt wird, dass kein Fehlerzustand vorliegt, wie in Fig. 2 durch das Symbol „-“ gekennzeichnet, kann das Verfahren beispielsweise zu Schritt M30 zurückkehren. Wenn in Schritt M31 bestimmt wird, dass ein Fehlerzustand vorliegt, wie in Fig. 2 durch das Symbol „+“ gekennzeichnet, geht das Verfahren zu den Schritten M4 und optional M40 über. Im optionalen Schritt M40 werden die ersten Trennventile 13A geöffnet, z.B. durch die zweite Steuerungseinheit 132, und die zweiten Trennventile 13B werden weiter optional geschlossen, z.B. durch die zweite Steuerungseinheit 132. Somit wenn ein Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung detektiert wird, der Hauptbremszylinder 12 hydraulisch an den Radbremszylinder 1 gekoppelt und die erste Druckerzeugungseinrichtung 10 wird von dem Radbremszylinder 1 hydraulisch getrennt.

In Schritt M4 wird ein Ersatzbremswunschsignal basierend auf einer zu einem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands bekannten Zielverzögerung ermittelt. Dies kann z.B. mithilfe der ersten Steuerungseinheit 131 erfolgen. Beispielsweise kann diese einen Stellwegs des Bremspedals 2 zu dem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands ermitteln. Dies kann z.B. dadurch erfolgen, dass die erste Steuerungseinheit 131 das Signal des Betätigungssensors 30 erhält, z.B. direkt vom Betätigungssensor 30 oder von der zweiten Steuerungseinheit 132, und die Werte für einen temporär für einen gewissen Zeitraum speichert. Beispielsweise können immer die Werte

für die vom aktuellen Zeitpunkt zurückliegenden 500 ms gespeichert werden. Ein letzter gültiger Wert kann dann herangezogen werden um aus dem Stellweg den Bremsdruck zu ermitteln, der im Radbremszylinder 1 eingestellt werden soll.

Alternativ oder zusätzlich kann das Ermitteln des Ersatzbremswunschssignals ein Ermitteln eines Bremsdrucks im Radbremszylinder 1 zu dem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands umfassen. Beispielsweise kann die erste Steuerungseinheit 131 mit einem Drucksensor 31 verbunden sein, welcher einen Druck in dem die erste Druckerzeugungseinrichtung 10 mit dem Radbremszylinder 1 verbindenden hydraulischen Pfad erfasst, insbesondere an einer Stelle vor dem Saugeingang der Pumpe 21 der zweiten Druckerzeugungseinrichtung 20, wie dies in Fig. 1B beispielhaft gezeigt ist. Auch in diesem Fall kann die erste Steuerungseinheit 131 die vom Drucksensor 31 aufgezeichneten die Werte für einen temporär für einen gewissen Zeitraum speichern, z.B. die Werte für die vom aktuellen Zeitpunkt zurückliegenden 500 ms. Ein letzter gültiger Wert kann dann als Solldruck herangezogen werden, der im Radbremszylinder 1 eingestellt werden soll. Beispielsweise kann der letzte gültige Wert ein Wert sein, der um eine vorbestimmte Zeitspanne, z.B. 200 ms zurückliegt. Wenn zusätzlich zu dem Bremssystem 100 eine elektrische Maschine 150 als Generator betrieben wird, um das Fahrzeug zu bremsen, wie oben beschrieben, kann das Ersatzbremsmoment alternativ oder zusätzlich auch basierend auf dem von der elektrischen Maschine 150 erzeugten Bremsmoment ermittelt werden. Beispielsweise kann die erste Steuerungseinheit 131 mit einer Leistungselektronik der elektrischen Maschine 150 verbunden sein und von dieser das Bremsmoment erhalten, das mittels der elektrischen Maschine 150 erzeugt wird. Aus diesem Bremsmoment kann dann auf den letzten gültigen Bremswunsch zurückgerechnet und daraus der erforderliche hydraulische Bremsdruck ermittelt werden. Wenn das Bremsmoment in Schritt M22 ausschließlich durch die elektrische Maschine 150 erzeugt wurde, wird das Ersatzbremsmoment basierend auf dem von der elektrischen Maschine 150 erzeugten Bremsmoment und ermittelt. Optional kann das Ermitteln des Ersatzbremswunschssignals in diesem Fall zusätzlich ein Ermitteln eines Bremsdrucks im Radbremszylinder 1 zu dem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands umfassen, z.B. mithilfe des Drucksensors 31, wie voranstehend beschrieben. Allgemein kann das Ersatzbremswunschsinal als

konstanter Wert ermittelt werden, welcher dem letzten gültigen Bremswunschsignal entspricht.

5 In Schritt M5 wird dann mithilfe der zweiten Druckerzeugungseinrichtung 20 der Bremsdruckregelanlage 120 ein Ersatzbremsdruck in dem Radbremszylinder 1 basierend auf dem ermittelten Ersatzbremswunschsignal erzeugt. Hierzu gibt die erste Steuerungseinheit 131 ein Betätigungssignal an die zweite Druckerzeugungseinrichtung 20 aus, um diese zur Einstellung des ermittelten Ersatzbremsdrucks zu veranlassen. Ferner öffnet die erste Steuerungseinheit 10 131 das Einlassventil 23 und schließt das Auslassventil 24 des jeweiligen Radbremszylinders 1. Beispielsweise kann das Erzeugen M5 des Ersatzbremsdrucks ein Erzeugen eines linearen, eines stufenweisen, und/oder eines progressiven oder eines degressiven Druckanstiegs im Radbremszylinder 1 umfassen. Gegebenenfalls kann in Schritt M5 die Erzeugung eines Bremsmoments mithilfe der elektrischen Maschine 150 gestoppt werden. 15 Optional kann in Schritt M5 die Erzeugung des Ersatzbremswunschsignals für einen vorbestimmten ersten Zeitraum basierend auf dem ermittelten Ersatzbremswunschsignal erfolgen. Während des ersten Zeitraums kann das Ersatzbremswunschsignal insbesondere konstant sein. Anschließend an den ersten Zeitraum kann das Ersatzbremswunschsignal innerhalb eines 20 Übergangszeitraums auf Null reduziert wird, z.B. linear. Während des Übergangszeitraums wird der Ersatzbremsdruck basierend auf einer Summe des Ersatzbremswunschsignals und des erfassten Bremswunschsignals mittels der Bremsdruckregelanlage erzeugt.

25 Ein Vorteil des beschriebenen Verfahrens M liegt darin, dass, sobald ein Ausfall der ersten Druckerzeugungseinrichtung erkannt wird, ein Ersatzbremswunsch anhand von Eingangsgrößen ermittelt wird, die vor dem Ausfall der ersten Druckerzeugungseinrichtung ermittelt wurden. Somit muss nicht darauf gewartet werden, bis der Fahrer das Bremspedal nochmals betätigt, um einen neuen 30 gültigen Eingangswert zu erzeugen, was z.B. dann nötig sein kann, wenn es infolge des Öffnens der ersten Trennventile 13A zu einem Abfall des Bremsdrucks im Radbremszylinder 1 kommt. Anhand des Ersatzbremswunsches kann mittels des Steuerungssystems 130 sehr schnell ein Soll-Bremsdruck, 35 welcher zumindest näherungsweise dem letzten gültigen Soll-Bremsdruck

entspricht, ermittelt und sofort durch die Bremsdruckregelanlage eingestellt werden.

5 In den Fig. 3 und 4 werden diese und weitere Vorteile des beschriebenen Verfahrens M deutlich. Fig. 3 zeigt vier Diagramme (A), (B), (C), (D), in denen die Abszisse jeweils die für alle Diagramme (A)-(D) gültige Zeitachse ist. Auf der Ordinate des Diagramms (A) ist der aktuelle Bremsdruck im Radbremszylinder 1 aufgetragen. Auf der Ordinate des Diagramms (B) ist das aktuelle Bremswunschsignal bzw. das aktuelle Ersatzbremswunschsignal aufgetragen.
10 Auf der Ordinate des Diagramms (C) ist der Stellweg des Bremspedals 2 aufgetragen. Auf der Ordinate des Diagramms (D) ist eine aufgetragen. Aus den in Fig. 3 dargestellten Diagrammen (A)-(D) ist der Ablauf einer Bremsung dargestellt, die mit dem oben beschriebenen Bremssystem 100 nach dem beschriebenen Verfahren M vorgenommen wird, wobei die Verzögerung des
15 Fahrzeugs ganz oder zumindest teilweise durch das Bremssystem 100 t wird.

Zu dem in Fig. 3 eingezeichneten Zeitpunkt t_0 findet eine Erzeugung des Bremsdrucks mittels der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 in der oben beschriebenen Weise statt. Das heißt, es werden die Schritte M1, M21 und M3
20 ausgeführt. Wie in Diagramm (C) von Fig. 3 erkennbar, wird das Pedal 2 um einen konstanten Stellweg verschoben gehalten. Dementsprechend sind der in Diagramm (B) von Fig. 3 gezeigte Bremswunsch sowie die in Diagramm (D) von Fig. 3 gezeigte Gegenkraft am Pedal 2 konstant. Entsprechend erzeugt die erste Druckerzeugungseinrichtung 10 einen konstanten Bremsdruck im
25 Radbremszylinder 1, wie in Diagramm (A) von Fig. 3 dargestellt.

Zum Zeitpunkt t_1 wird bei der Ausführung des Schritts M3 ein Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 detektiert. Es werden daher die ersten Trennventile 13A geöffnet und die zweiten Trennventile 13B werden
30 vorzugsweise geschlossen, wie oben beschrieben. In Diagramm (A) von Fig. 3 ist in voller Linie der weitere Verlauf des Bremsdrucks dargestellt, der durch die Ausführung des Verfahrens M mittels der Bremsdruckregelanlage 120 erzeugt wird. Die in Diagramm (A) von Fig. 3 gezeigte gestrichelte Linie zeigt den Bremsdruck, den die Bremsdruckregelanlage 120 erzeugen würde, wenn diese
35 ausschließlich aufgrund des Bremswunschsignals und nicht basierend auf dem

Ersatzbremswunschsignal betätigt würde. Wie in Diagramm (A) von Fig. 3 erkennbar, bricht der Bremsdruck zum Zeitpunkt t_1 abrupt ein, da infolge des Öffnens der ersten Trennventile 13A Bremsfluid mit hohem Druck in den Hauptbremszylinder 12 strömt. Dementsprechend wird das Pedal 2 zurückgedrängt (Diagramm (C) von Fig. 3) und die Gegenkraft am Pedal 2 nimmt zu (Diagramm (D) von Fig. 3). Aufgrund der Änderung des Pedalstellwegs 2 geht auch der Bremswunsch zurück, wie dies in Fig. 3 in Diagramm (B) erkennbar ist. Es kann optional auch vorgesehen sein, dass bei Detektion eines Fehlerzustands in der Bremskrafterzeugungsanordnung 110 bzw. in der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 das Bremswunschsignal zunächst basierend auf dem durch den Drucksensor 31 erfassten Druck erzeugt wird, z.B. weil der Betätigungssensor 30 ausgefallen ist. Auch in diesem Fall würde der Bremswunsch zum Zeitpunkt t_1 reduziert, da sich durch das Öffnen der ersten Trennventile 13A der Bremsdruck verringert. In Diagramm (B) zeigt die gestrichelte Linie den Bremswunsch, der sich ausschließlich aus der Betätigung des Bremspedals 2 ergeben würde, was dem Bremswunschsignal entspricht. Die Strichpunktlinie in Diagramm (B) von Fig. 3 zeigt das Ersatzbremswunschsignal, das in Schritt M4 des oben erläuterten Verfahrens M erzeugt wird.

Wie in Fig. 3 an der Strichpunktlinie in Diagramm (B) erkennbar ist, wird ab dem Zeitpunkt t_2 , das Ersatzbremswunschsignal erzeugt (Schritt M4 des Verfahrens M). Die Verzögerung zum Zeitpunkt t_1 ergibt sich z.B. aufgrund der Auswertungs- bzw. Rechenzeit, welche das Steuerungssystem 130, insbesondere die erste Steuerungseinheit 131 benötigt, um das Ersatzbremswunschsignal zu ermitteln. Wie in Diagramm (B) von Fig. 3 erkennbar ist, wird das Ersatzbremswunschsignal derart erzeugt, dass es dem letzten gültigen Bremswunschsignal vor dem Zeitpunkt t_1 entspricht. Aufgrund des Ersatzbremswunschsignals beginnt die zweite Druckerzeugungseinrichtung 20 der Bremsdruckregelanlage 120, den Bremsdruck im Radbremszylinder 1 wiederaufzubauen, wobei zum Zeitpunkt t_4 der Bremsdruck, der vor dem Ausfall der ersten Druckerzeugungseinrichtung im Radbremszylinder 1 vorlag, wieder erreicht wird, wie dies an dem Verlauf der vollen Linie in Diagramm (A) von Fig. 3 erkennbar ist. Die Zeitspanne t_{24} zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_4 kann somit als Reaktionszeit der Bremsdruckregelanlage 120 bezeichnet werden. Wie an der gestrichelten Linie in Diagramm (A) von Fig. 3 erkennbar ist, würde ohne das

beschriebene Verfahren M der Druck weiter absinken, bis zum Zeitpunkt t_3 ein Gleichgewicht zwischen der Gegenkraft am Bremspedal 2 und dem Bremsdruck vorliegt. Danach benötigt der Fahrer eine gewisse Reaktionszeit, um das Pedal 2 wieder weiter durchzudrücken, was ab dem Zeitpunkt t_5 wieder erfolgt, wie dies
5 in den Diagrammen (C) und (D) von Fig. 3 erkennbar ist. Die Zeitspanne t_{25} zwischen dem Zeitpunkt t_2 und t_5 kann somit als Reaktionszeit des Fahrers angesehen werden.

In den Diagrammen (A)-(C) zeigt die gestrichelte Linie jeweils den Verlauf, der
10 sich ohne das oben beschriebene Verfahren M ergeben würde, wenn ausschließlich die Betätigung des Pedals 2 zur Erzeugung des Bremswunschs herangezogen wird. Wie am Verlauf der gestrichelten Linien in den Diagrammen (C) und (D) von Fig. 3 erkennbar, wird ab dem Zeitpunkt t_5 der Stellweg des Pedals 2 aufgrund der Erhöhung der Pedalkraft
15 wieder vergrößert. Dementsprechend wird das Bremswunschs signal ermittelt und der Bremswunsch steigt wieder an, wie an der gestrichelten Linie in Diagramm (B) von Fig. 3 erkennbar ist, wodurch die Bremsdruckregelanlage 120 dazu veranlasst wird, den Bremsdruck entsprechend einzustellen, wobei zum Zeitpunkt t_6 der Bremsdruck erreicht wird, der vor dem Ausfall der ersten
20 Druckerzeugungseinrichtung 10 vorlag (gestrichelte Linie in Diagramm (A) von Fig. 3). Die Zeitspanne t_{46} stellt somit die Verkürzung der Zeit dar, die sich durch das oben beschriebene Verfahren M erreichen lässt, um den vor Ausfall der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 vorliegenden Bremsdruck wiederherzustellen.

Wie in den Diagrammen (B)-(D) von Fig. 3 beispielhaft gezeigt ist, kann bei der Ausführung des Verfahrens M ab dem Zeitpunkt t_5 ein Übergangablauf durchgeführt werden. Wie bereits erläutert, kann während der Ausführung des Schritts M5 das tatsächliche Bremswunschs signal, das aufgrund der Betätigung
30 des Bremspedals 2 ermittelt wird, ignoriert und ausschließlich das ermittelte Ersatzbremswunschs signal zur Erzeugung des Bremsdrucks im Radbremszylinder 1 herangezogen werden, zumindest für einen vorbestimmten Zeitraum, welcher in Fig. 3 der Zeitspanne t_{25} entspricht. In Diagramm (B) von Fig. 3 zeigt die Doppelstrichpunktlinie einen Bremswunsch, der im beschriebenen
35 Verfahren M nach Ausfall der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 durch die

Betätigung des Bremspedals 2 erzeugt wird, wobei der entsprechende Stellweg des Pedals 2 und die zugehörige Pedalkraft in den Diagrammen (C) und (D) von Fig. 3 als volle Line dargestellt sind. Die Strichpunktlinie in Diagramm (B) von Fig. 3 zeigt das Ersatzbremswunschsignal. Die volle Linie in Diagramm (B) von Fig. 3 zeigt die Summe aus dem Ersatzbremswunschsignal und dem durch Betätigung des Bremspedals 2 erzeugten Bremswunschsignal. Wie in den Diagrammen (B)-(D) von Fig. 3 erkennbar ist, kann ab dem Zeitpunkt t_5 das Ersatzbremswunschsignal innerhalb eines vorbestimmten Übergangszeitraums t_5 bis zum Zeitpunkt auf Null reduziert werden, z.B. durch eine lineare Reduzierung des Ersatzbremswunschsignals, wie in Fig. 3 beispielhaft gezeigt. Um die Summe des durch Betätigung des Bremspedals 2 erzeugten Bremswunschsignals und des Ersatzbremswunschsignals konstant zu halten, muss der Fahrer die Reduzierung des Ersatzbremswunschsignals durch Betätigen des Pedals 2 ausgleichen. In Fig. 3 ist dies beispielhaft gezeigt, wobei zum Zeitpunkt t_7 der Ersatzbremswunsch auf Null reduziert ist und das Bremswunschsignal wird wieder ausschließlich durch Betätigen des Pedals 2 bereitgestellt. Wie oben beschrieben wird innerhalb des Übergangszeitraums t_5 der Ersatzbremsdrucks somit basierend auf einer Summe des Bremswunschsignals und des Ersatzbremswunschsignals erzeugt. Ein Vorteil dieser Verfahrensweise ist, dass das Pedal 2 durch den Fahrer weniger schnell bzw. fest betätigt werden muss, um die Verzögerung des Fahrzeugs aufrecht zu erhalten.

Aus den in Fig. 4 dargestellten Diagrammen (A)-(D) ist der Ablauf einer Bremsung dargestellt, die mit dem oben beschriebenen Bremssystem 100 nach dem beschriebenen Verfahren M vorgenommen wird, wenn das Bremsmoment zunächst ausschließlich durch den generatorischen Betrieb der elektrischen Maschine 150 erzielt wird (Schritt M22 des Verfahrens M wird ausgeführt).

Zu dem in Fig. 4 eingezeichneten Zeitpunkt t_0 findet keine Erzeugung des Bremsdrucks mittels der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 statt, da die elektrische Maschine das gewünschte Bremsmoment alleine erzeugt. Das heißt, es werden die Schritte M1, M22 und M3 des Verfahrens M aus Fig. 2 ausgeführt. Wie in Diagramm (C) von Fig. 4 erkennbar, wird das Pedal 2 um einen konstanten Stellweg verschoben gehalten. Dementsprechend sind der in

Diagramm (B) von Fig. 4 gezeigte Bremswunsch sowie die in Diagramm (D) von Fig. 4 gezeigte Gegenkraft am Pedal 2 konstant.

5 Zum Zeitpunkt t_1 wird bei der Ausführung des Schritts M3 ein Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 detektiert. Im vorliegenden Fall kann dies z.B. ein Ausfall des Betätigungssensors 30 sein. Es werden daher die ersten Trennventile 13A geöffnet und die zweiten Trennventile 13B werden vorzugsweise geschlossen, wie oben beschrieben. Durch das Öffnen der ersten Trennventile 13A wird aufgrund der Betätigung des Pedals 2 durch den Fahrer
10 das Pedal 2 weiter verschoben (Diagramm (C) von Fig. 4), wobei die Pedalkraft aufgrund der nun fehlenden Rückstellkraft des Simulators 14 sinkt (Diagramm (D) von Fig. 4). In Diagramm (A) von Fig. 4 ist in voller Linie der weitere Verlauf des Bremsdrucks dargestellt, der durch die Ausführung des Verfahrens M mittels der Bremsdruckregelanlage 120 erzeugt wird. Die in Diagramm (A) von Fig. 4
15 gezeigte gestrichelte Linie zeigt den Bremsdruck, den die Bremsdruckregelanlage 120 erzeugen würde, wenn diese ausschließlich aufgrund des Bremswunschs und nicht basierend dem Ersatzbremswunschs signal betätigt würde. Wie in Diagramm (A) von Fig. 4 erkennbar, steigt der Bremsdruck zum Zeitpunkt t_1 leicht an, da infolge des
20 Öffnens der ersten Trennventile 13A und der Betätigung des Pedals 2 Bremsfluid aus dem Hauptbremszylinder 12 strömt. Da im vorliegenden Beispiel der Betätigungssensor 30 ausfällt, bricht zum Zeitpunkt t_1 der Bremswunsch ein. Es kann optional auch vorgesehen sein, dass bei Detektion eines Fehlerzustands in der Bremskraftherzeugungsanordnung 110 bzw. in der ersten
25 Druckerzeugungseinrichtung 10 das Bremswunschs signal zunächst basierend auf dem durch den Drucksensor 31 erfassten Druck erzeugt wird. Auch in diesem Fall wäre der Bremswunsch zum Zeitpunkt t_1 sehr klein sein, da durch das Öffnen der ersten Trennventile 13A lediglich ein Druckausgleich stattfindet.

30 Wie in Fig. 4 an der Strichpunktlinie in Diagramm (B) erkennbar ist, wird ab dem Zeitpunkt t_2 , das Ersatzbremswunschs signal erzeugt (Schritt M4 des Verfahrens M). Die Verzögerung zum Zeitpunkt t_1 ergibt sich z.B. aufgrund der Auswertungs- bzw. Rechenzeit, welche das Steuerungssystem 130, insbesondere die erste Steuerungseinheit 131 benötigt, um das
35 Ersatzbremswunschs signal zu ermitteln. Wie in Diagramm (B) von Fig. 4

erkennbar ist, wird das Ersatzbremswunschsignal derart erzeugt, dass es dem letzten gültigen Bremswunschsignal vor dem Zeitpunkt t_1 entspricht. Aufgrund des Ersatzbremswunschsignals beginnt die zweite Druckerzeugungseinrichtung 20 der Bremsdruckregelanlage 120, den Bremsdruck im Radbremszylinder 1 aufzubauen, wobei zum Zeitpunkt t_4 der Bremsdruck erreicht wird, der dem Bremsmoment entspricht, das durch den Bremswunsch repräsentiert wird, wie dies an dem Verlauf der vollen Linie in Diagramm (A) von Fig. 4 erkennbar ist. Beispielsweise kann dieses Bremsmoment dem zuvor durch die elektrische Maschine 150 erzeugten Bremsmoment entsprechen, wobei der generatorische Betrieb der elektrischen Maschine 150 gestoppt wird. Die Zeitspanne t_{24} zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_4 kann somit als Reaktionszeit der Bremsdruckregelanlage 120 bezeichnet werden. Wie an der gestrichelten Linie in Diagramm (A) von Fig. 4 erkennbar ist, würde ohne das beschriebene Verfahren M der Druck zunächst konstant bleiben, bis der Fahrer reagiert und das Pedal 2 weiter nachdrückt, was ab dem Zeitpunkt t_5 wieder erfolgt, wie dies in den Diagrammen (C) und (D) von Fig. 4 erkennbar ist. Die Zeitspanne t_{25} zwischen dem Zeitpunkt t_2 und t_5 kann somit als Reaktionszeit des Fahrers angesehen werden.

In den Diagrammen (A)-(C) zeigt die gestrichelte Linie jeweils den Verlauf, der sich ohne das Verfahren M ergeben würde, wenn ausschließlich die Betätigung des Pedals 2 zur Erzeugung des Bremswunschsignals herangezogen wird bzw. der daraus resultierende vom Drucksensor 31 erfasste Druck. Wie am Verlauf der gestrichelten Linien in den Diagrammen (C) und (D) von Fig. 4 erkennbar, wird ab dem Zeitpunkt t_5 der Stellweg des Pedals 2 aufgrund der Erhöhung der Pedalkraft wieder vergrößert. Dementsprechend wird Bremsvolumen in den Radbremszylinder 1 verschoben, der vom Drucksensor 31 erfasste Druck steigt und der vom Fahrer erzeugte tatsächliche Bremswunsch steigt wieder an, wie an der gestrichelten Linie in Diagramm (B) von Fig. 4 erkennbar ist, wodurch die Bremsdruckregelanlage 120 dazu veranlasst wird, den Bremsdruck entsprechend einzustellen, wobei zum Zeitpunkt t_6 der Bremsdruck erreicht wird, der vor dem Ausfall der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 vorlag (gestrichelte Linie in Diagramm (A) von Fig. 3). Die Zeitspanne t_{46} stellt somit die Verkürzung der Zeit dar, die sich durch das oben beschriebene Verfahren M

erreichen lässt, um das vor Ausfall der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 vorliegende Bremsmoment wiederherzustellen.

Wie in den Diagrammen (B)-(D) von Fig. 4 beispielhaft gezeigt ist und oben bereits im Zusammenhang mit Fig. 3 erläutert wurde, kann bei der Ausführung des Verfahrens M ab dem Zeitpunkt t_5 ein Übergangablauf durchgeführt werden. Wie bereits erläutert, kann während der Ausführung des Schritts M5 das tatsächliche Bremswunschsignal, das aufgrund der Betätigung des Bremspedals 2 ermittelt wird, ignoriert und ausschließlich das ermittelte Ersatzbremswunschsignal zur Erzeugung des Bremsdrucks im Radbremszylinder 1 herangezogen werden, zumindest für einen vorbestimmten Zeitraum, welcher in Fig. 4 der Zeitspanne t_{25} entspricht. In Diagramm (B) von Fig. 4 zeigt die Doppelstrichpunktlinie einen Bremswunsch, der im beschriebenen Verfahren M nach Ausfall der ersten Druckerzeugungseinrichtung 10 durch die Betätigung des Bremspedals 2 erzeugt wird, wobei der entsprechende Stellweg des Pedals 2 und die zugehörige Pedalkraft in den Diagrammen (C) und (D) von Fig. 4 als volle Linie dargestellt sind. Die Strichpunktlinie in Diagramm (B) von Fig. 4 zeigt das Ersatzbremswunschsignal. Die volle Linie in Diagramm (B) von Fig. 4 zeigt die Summe aus dem Ersatzbremswunschsignal und dem durch Betätigung des Bremspedals 2 erzeugten Bremswunschsignal. Wie in den Diagrammen (B)-(D) von Fig. 4 erkennbar ist, kann ab dem Zeitpunkt t_5 das Ersatzbremswunschsignal bis zum Zeitpunkt t_7 auf Null reduziert werden, z.B. linear wie in Fig. 4 gezeigt. Der Zeitraum zwischen t_5 und t_7 wird daher als Übergangszeitraum t_{57} bezeichnet. Um die Summe des durch Betätigung des Bremspedals 2 erzeugten Bremswunschsignals und des Ersatzbremswunschsignals konstant zu halten, muss der Fahrer die Reduzierung des Ersatzbremswunschsignals durch Betätigen des Pedals 2 ausgleichen. In dem in Fig. 4 gezeigten Beispiel ist zum Zeitpunkt t_7 der Ersatzbremswunsch bei Null und das Bremswunschsignal wird wieder ausschließlich durch Betätigung des Pedals 2 erzeugt. Wie oben beschrieben wird innerhalb des Übergangszeitraums t_{57} der Ersatzbremsdrucks somit basierend auf einer Summe des Bremswunschsignals und des Ersatzbremswunschsignals erzeugt. Ein Vorteil dieser Verfahrensweise ist, dass das Pedal 2 durch den Fahrer weniger schnell bzw. fest betätigt werden muss, um die Verzögerung des Fahrzeugs aufrecht zu erhalten.

Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand von Ausführungsbeispielen exemplarisch erläutert wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar. Insbesondere sind auch Kombinationen der voranstehenden Ausführungsbeispiele denkbar.

Ansprüche

5

1. Verfahren (M) zum Bremsen eines Fahrzeugs, umfassend:
Erfassen (M1) eines Bremswunschssignals, welches eine Zielverzögerung des Fahrzeugs repräsentiert;
Erzeugen (M21) eines hydraulischen Bremsdrucks in einem
10 Radbremszylinder (1) basierend auf dem erfassten Bremswunschssignal mittels einer ersten Druckerzeugungseinrichtung (10), welche hydraulisch mit dem Radbremszylinder (1) verbunden ist;
Detektieren (M3) eines Fehlerzustands der ersten
Druckerzeugungseinrichtung (10);
15 Ermitteln (M4) eines Ersatzbremswunschssignals, wenn ein Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung (10) detektiert wird, wobei das Ersatzbremswunschssignal basierend auf einer zu einem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands bekannten Zielverzögerung ermittelt wird; und
20 Erzeugen (M5) eines Ersatzbremsdrucks in dem Radbremszylinder (1) basierend auf dem ermittelten Ersatzbremswunschssignal mittels einer Bremsdruckregelanlage (120), welche eine hydraulisch an den Radbremszylinder gekoppelte zweite Druckerzeugungseinrichtung (20) aufweist.
- 25 2. Verfahren (M) nach Anspruch 1, wobei das Erfassen (M1) eines Bremswunschssignals ein Erfassen einer Betätigung einer Bremsbetätigungseinrichtung (2) umfasst, und/oder wobei das Ermitteln (M4) des Ersatzbremswunschssignals ein Ermitteln eines Stellwegs einer
30 Bremsbetätigungseinrichtung (2) zu dem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands umfasst.
3. Verfahren (M) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Ermitteln (M4) des Ersatzbremswunschssignals ein Ermitteln eines Bremsdrucks im

Radbremszylinder zu dem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands umfasst.

- 5
4. Verfahren (M) nach einem der voranstehenden Ansprüche, zusätzlich aufweisend:
Erzeugen (M22) eines Bremsmoments mittels einer kinematisch an ein Rad des Fahrzeugs gekoppelten elektrischen Maschine (150) basierend auf dem Bremswunschsignal.
- 10
5. Verfahren (M) nach Anspruch 4, wobei das Ersatzbremsmoment basierend auf dem von der elektrischen Maschine (150) erzeugten Bremsmoment ermittelt wird.
- 15
6. Verfahren (M) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Bremsdruckregelanlage (120) eine erste Steuerungseinheit (131) aufweist, welche die zweite Druckerzeugungseinrichtung (20) betätigt, und wobei ein Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung (10) anhand eines Steuersignals detektiert wird, welches an die erste Steuerungseinheit (131) der gesendet wird.
- 20
7. Verfahren (M) nach Anspruch 6, wobei die erste Druckerzeugungseinrichtung (10) durch eine zweite Steuerungseinheit (132) basierend auf dem Bremswunschsignal betätigt wird, wobei die zweite Steuerungseinheit (132) das erste Steuersignal erzeugt und an die erste Steuerungseinheit (131) sendet.
- 25
8. Verfahren (M) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei das Erzeugen (M5) des Ersatzbremsdrucks ein Erzeugen eines linearen, eines stufenweisen, und/oder eines progressiven oder eines degressiven Druckanstiegs im Radbremszylinder (1) umfasst.
- 30
9. Verfahren (M) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei durch das Betätigen der Bremsbetätigungseinrichtung (2) mittels eines Hauptbremszylinders (12) ein hydraulischer Rückstelldruck in einem Rückstellsimulator (14) erzeugt wird, und wobei, wenn ein Fehlerzustand
- 35

der ersten Druckerzeugungseinrichtung detektiert wird, der Hauptbremszylinder (12) hydraulisch an den Radbremszylinder (1) gekoppelt wird, und die erste Druckerzeugungseinrichtung (10) vorzugsweise von dem Radbremszylinder (1) hydraulisch getrennt wird.

5

10. Verfahren (M) zum Bremsen eines Fahrzeugs, umfassend:
Erfassen (M1) eines Bremswunschssignals, welches eine Zielverzögerung des Fahrzeugs repräsentiert;
Erzeugen (M22) eines Bremsmoments mittels einer kinematisch an ein Rad des Fahrzeugs gekoppelten elektrischen Maschine (150) basierend auf dem Bremswunschsinal,
Vorhalten einer hydraulisch mit einem Radbremszylinder (1) verbundenen ersten Druckerzeugungseinrichtung (10) zum Erzeugen eines Bremsdrucks in dem Radbremszylinder (1) basierend auf dem Bremswunschsinal;
Detektieren (M3) eines Fehlerzustands der ersten Druckerzeugungseinrichtung (10);
Ermitteln (M4) eines Ersatzbremswunschsinal, wenn ein Fehlerzustand der ersten Druckerzeugungseinrichtung (10) detektiert wird, wobei das Ersatzbremswunschsinal basierend auf einer zu einem vorbestimmten Zeitpunkt vor der Detektion des Fehlerzustands bekannten Zielverzögerung basierend auf dem von der elektrischen Maschine erzeugten Bremsmoment ermittelt wird; und
Erzeugen (M5) eines Ersatzbremsdrucks in dem Radbremszylinder (1) basierend auf dem ermittelten Ersatzbremswunschsinal mittels einer Bremsdruckregelanlage (120), welche eine hydraulisch an den Radbremszylinder gekoppelte zweite Druckerzeugungseinrichtung (20) aufweist.

10

15

20

25

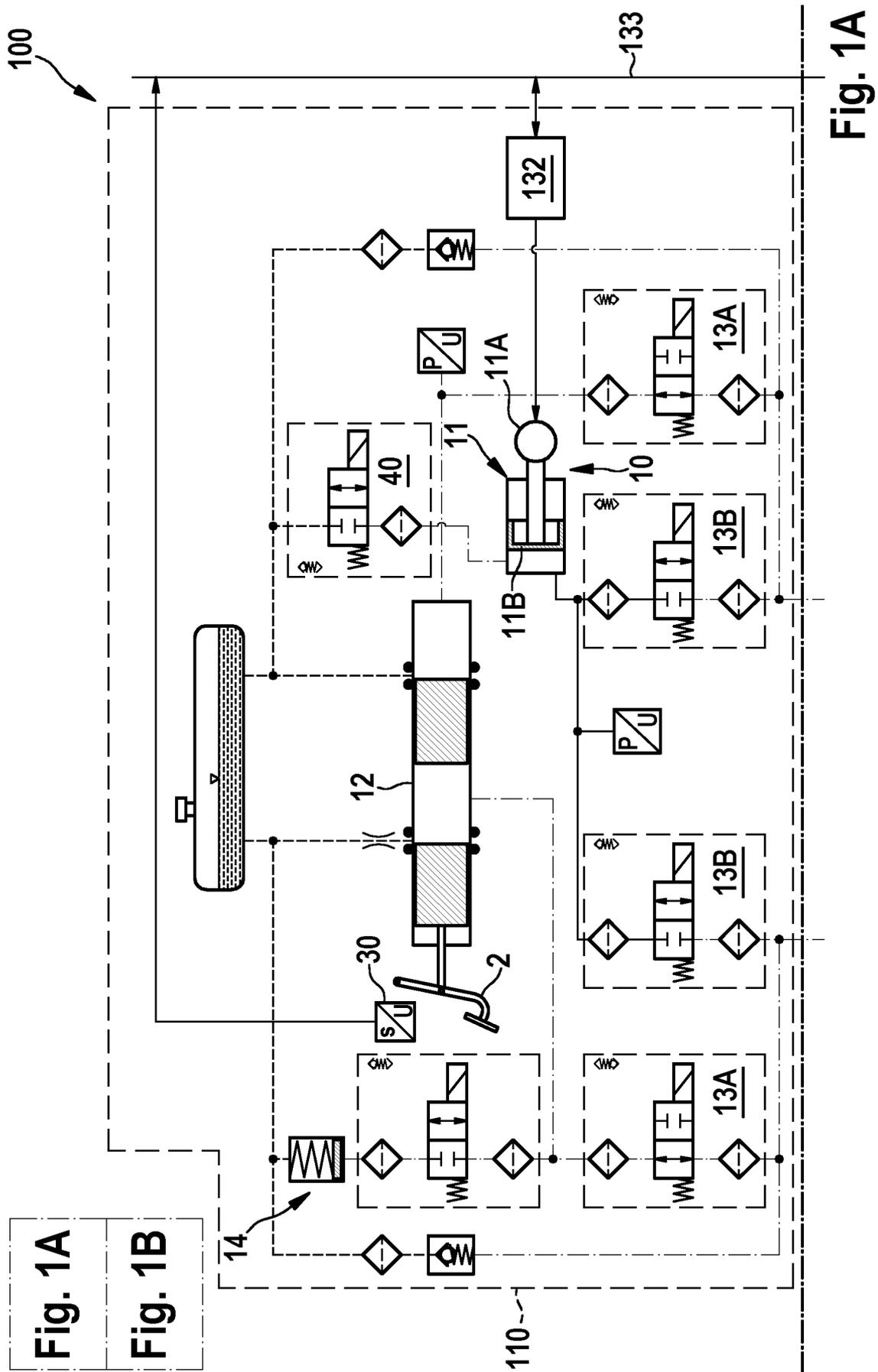
30

35

11. Verfahren (M) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei der Ersatzbremsdruck für einen vorbestimmten ersten Zeitraum (t_{25}) basierend auf dem ermittelten Ersatzbremswunschsinal erzeugt wird und das Ersatzbremswunschsinal anschließend innerhalb eines Übergangszeitraums (t_{57}) auf Null reduziert wird, insbesondere linear, wobei während des Übergangszeitraums (t_{57}) der Ersatzbremsdruck

basierend auf einer Summe des Ersatzbremswunschssignals und des erfassten Bremswunschssignals mittels der Bremsdruckregelanlage (120) erzeugt wird.

- 5 12. Bremssystem (100) für ein Fahrzeug, aufweisend:
einen Sensor (30) zur Erfassung eines Bremswunschs;
einen Radbremszylinder (1) zur Erzeugung einer Reibkraft an einem Rad
des Fahrzeugs;
eine erste Druckerzeugungseinrichtung (10), welche hydraulisch an den
10 Radbremszylinder (1) gekoppelt und dazu eingerichtet ist, einen
hydraulischen Druck in dem Radbremszylinder (1) zu erzeugen;
eine Bremsdruckregelanlage (120) mit einer zweiten
Druckerzeugungseinrichtung (20), welche hydraulisch an den
Radbremszylinder (1) gekoppelt und dazu eingerichtet ist, unabhängig
15 von der ersten Druckerzeugungseinrichtung (10) einen hydraulischen
Druck in dem Radbremszylinder (1) zu erzeugen; und
ein Steuerungssystem (130), welches mit dem Betätigungssensor (30),
der ersten Druckerzeugungseinrichtung (10) und der
Bremsdruckregelanlage (120) signalverbunden und dazu eingerichtet ist,
20 das Bremssystem (100) zur Ausführung eines Verfahrens (M) nach einem
der voranstehenden Ansprüche zu veranlassen.
13. Bremssystem (100) nach Anspruch 12, wobei der Sensor zur Erfassung
des Bremswunschssignals ein Betätigungssensor (30) ist, welcher dazu
25 ausgebildet ist, eine Betätigung, insbesondere einen Stellweg, einer
Bremsbetätigungseinrichtung (2) zu erfassen.



3 / 5

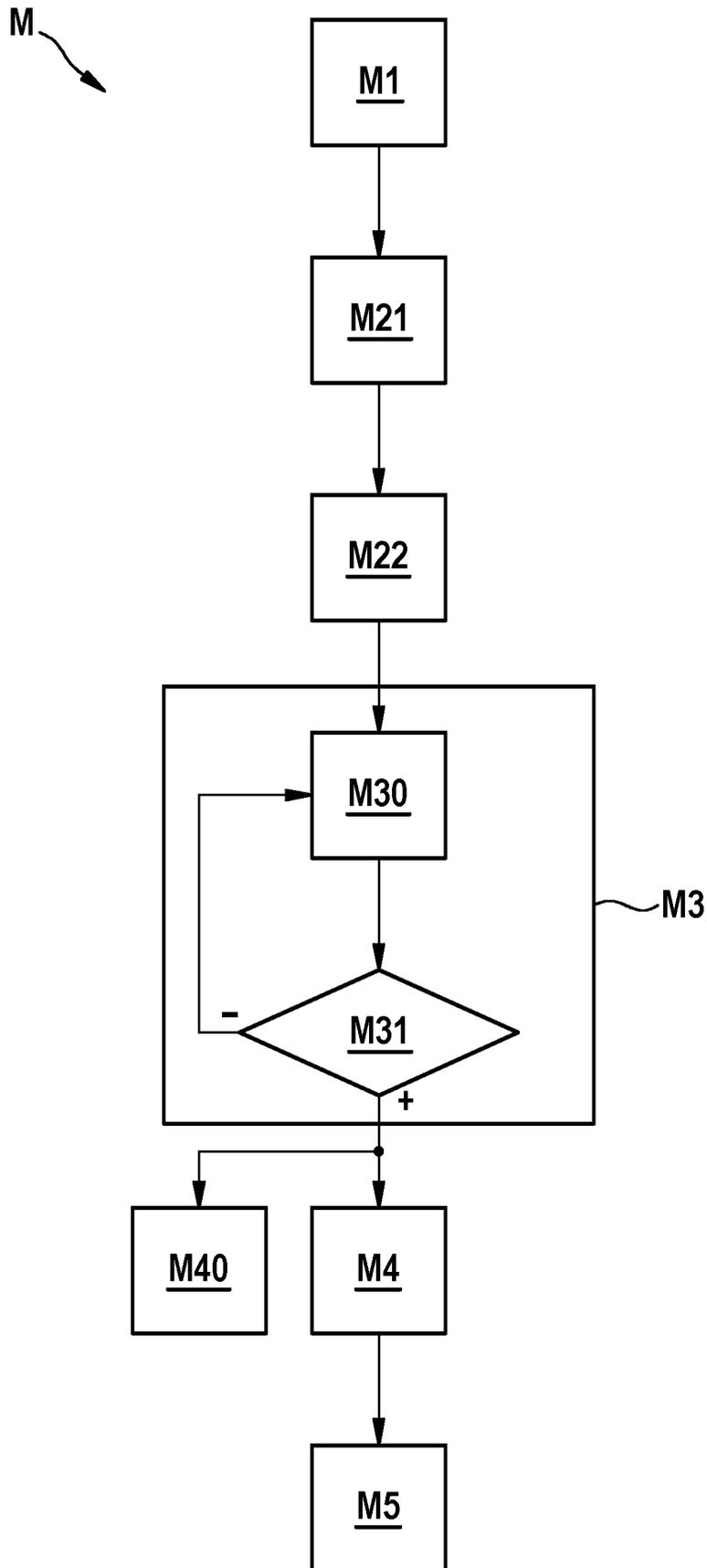


Fig. 2

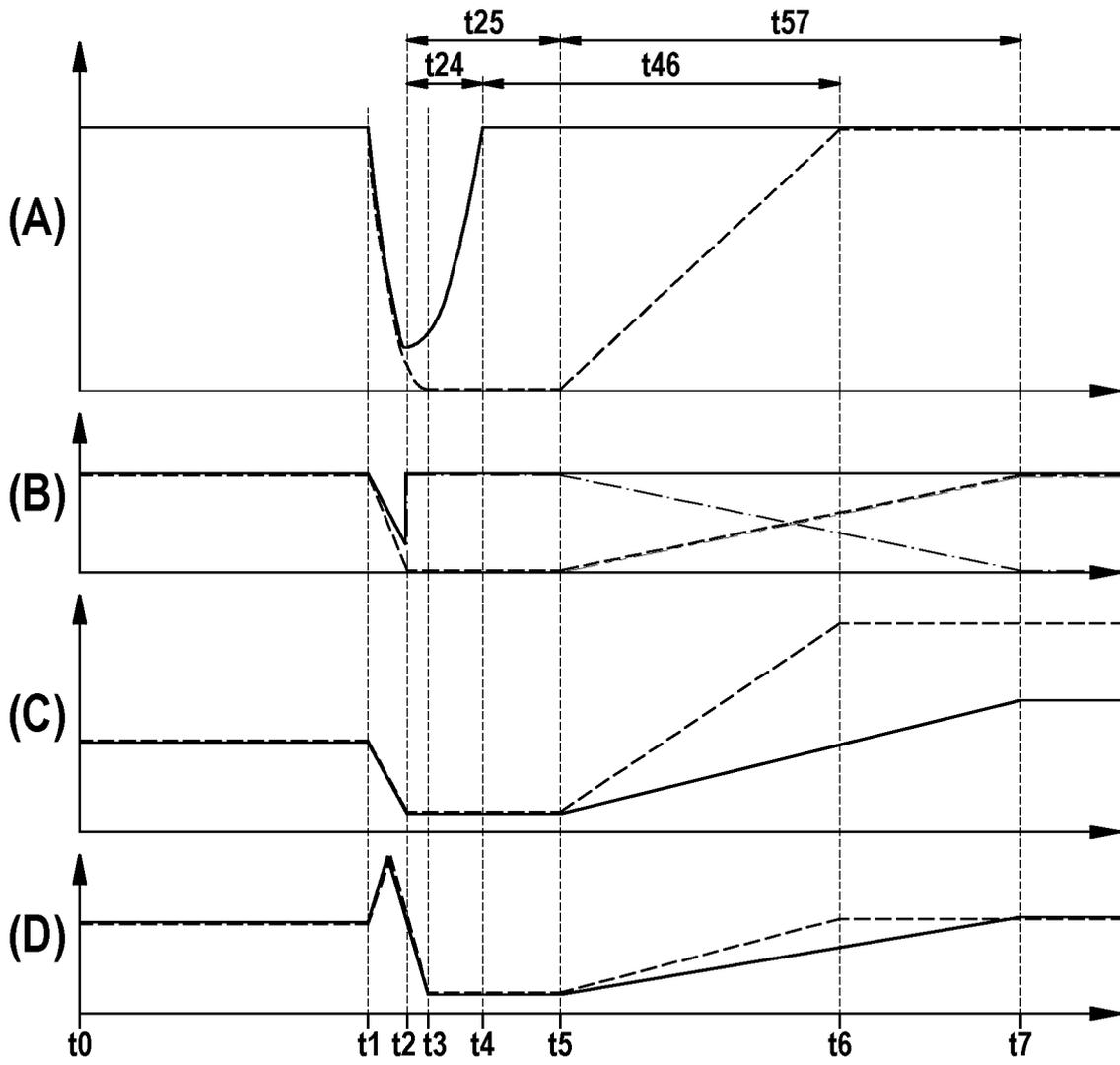


Fig. 3

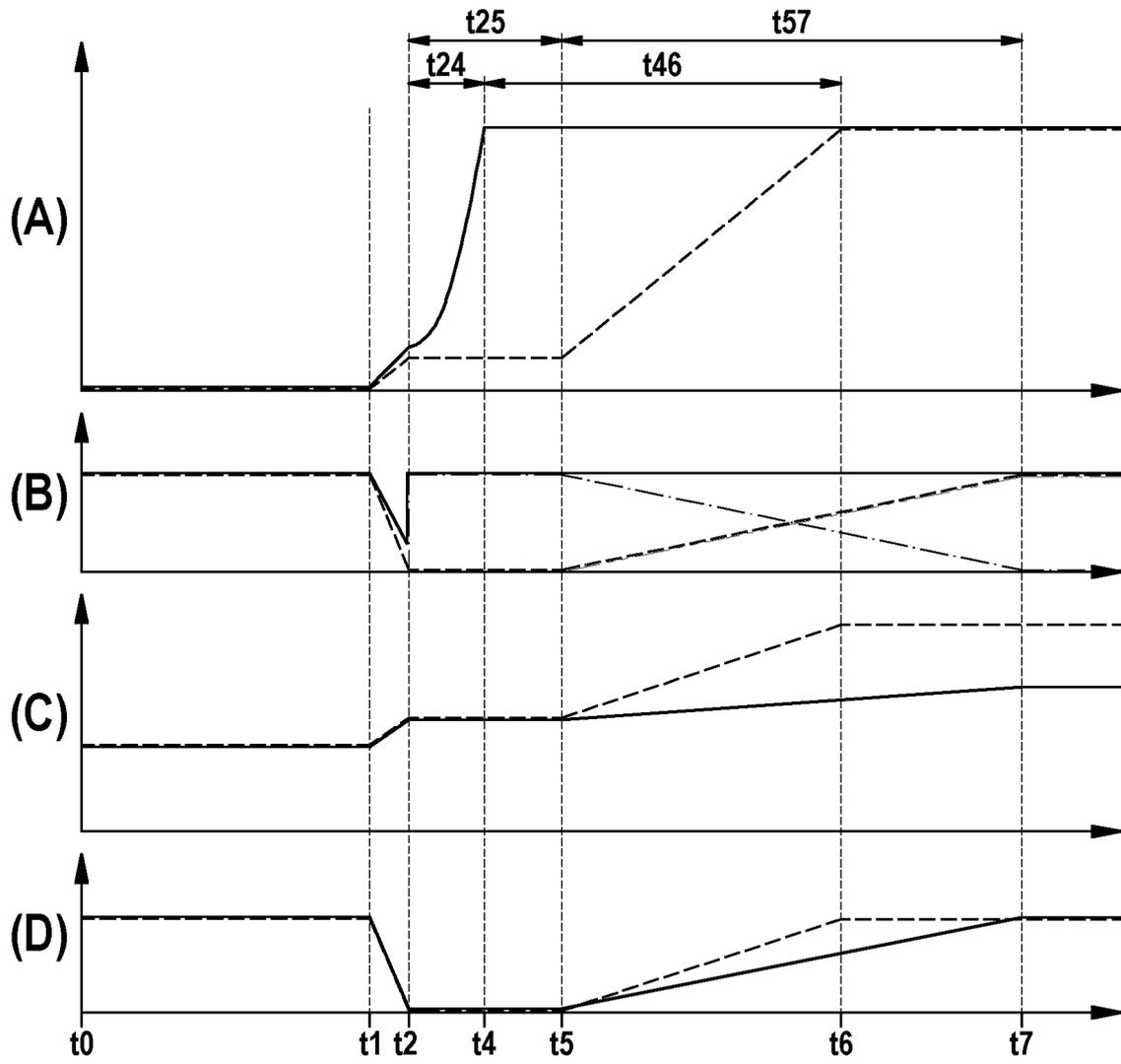


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/082922

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
B60T 13/66(2006.01)i; B60T 13/74(2006.01)i; B60T 17/22(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) 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.
A	US 2020207321 A1 (PLEWNIA HEINRICH [DE]) 02 July 2020 (2020-07-02) fig. 1; paragraphs [0002], [0066], [0072]-[0074]	1-9,12,13
A	WO 2020105573 A1 (ADVICS CO LTD [JP]) 28 May 2020 (2020-05-28) fig. 1-2, 7; paragraphs [0010], [0050]	1-9,12,13
A	DE 102012205862 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 25 October 2012 (2012-10-25) fig. 1; paragraphs [0028], [0047], [0052], [0055]	1-9,12,13
A	WO 2020250695 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 17 December 2020 (2020-12-17) fig. 2; paragraphs [0027]-[0028]	1-9,12,13
A	DE 102019215422 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 15 October 2020 (2020-10-15) fig. 1, 3, 4; paragraphs [0018]-[0020]	1-9,12,13
A	DE 102012210809 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 31 January 2013 (2013-01-31) fig. 1; paragraphs [0035], [0053], [0055], [0058]-[0060]	1-9,12,13
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 02 March 2022		Date of mailing of the international search report 18 May 2022
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Kirov, Youlian Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/082922

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2020207321	A1	02 July 2020	CN	111376885	A	07 July 2020
				DE	102018010168	A1	02 July 2020
				US	2020207321	A1	02 July 2020
WO	2020105573	A1	28 May 2020	CN	113056397	A	29 June 2021
				JP	2020082872	A	04 June 2020
				US	2021394733	A1	23 December 2021
				WO	2020105573	A1	28 May 2020
DE	102012205862	A1	25 October 2012	DE	102012205862	A1	25 October 2012
				US	2014203626	A1	24 July 2014
				WO	2012143313	A1	26 October 2012
WO	2020250695	A1	17 December 2020	CN	114007913	A	01 February 2022
				DE	112020002790	T5	24 February 2022
				JP	2020199985	A	17 December 2020
				WO	2020250695	A1	17 December 2020
DE	102019215422	A1	15 October 2020	CN	113677573	A	19 November 2021
				DE	102019215422	A1	15 October 2020
				EP	3953221	A1	16 February 2022
				WO	2020207871	A1	15 October 2020
DE	102012210809	A1	31 January 2013	NONE			
EP	2998173	A1	23 March 2016	CN	105452072	A	30 March 2016
				EP	2998173	A1	23 March 2016
				JP	WO2014184840	A1	23 February 2017
				US	2016082937	A1	24 March 2016
				WO	2014184840	A1	20 November 2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. B60T13/66 B60T13/74 B60T17/22		
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.
A	US 2020/207321 A1 (PLEWNIA HEINRICH [DE]) 2. Juli 2020 (2020-07-02) Fig. 1; Abs. [0002], [0066], [0072]-[0074] -----	1-9, 12, 13
A	WO 2020/105573 A1 (ADVICS CO LTD [JP]) 28. Mai 2020 (2020-05-28) Fig. 1-2, 7; Abs. [0010], [0050] -----	1-9, 12, 13
A	DE 10 2012 205862 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 25. Oktober 2012 (2012-10-25) Fig. 1; Abs. [0028], [0047], [0052], [0055] -----	1-9, 12, 13
A	WO 2020/250695 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD [JP]) 17. Dezember 2020 (2020-12-17) Fig. 2; Abs. [0027]-[0028] -----	1-9, 12, 13
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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
2. März 2022		18/05/2022
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 Kirov, Youlian

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2019 215422 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 15. Oktober 2020 (2020-10-15) Fig. 1, 3, 4; Abs. [0018]-[0020] -----	1-9, 12, 13
A	DE 10 2012 210809 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 31. Januar 2013 (2013-01-31) Fig. 1; Abs. [0035], [0053], [0055], [0058]-[0060] -----	1-9, 12, 13
A	EP 2 998 173 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 23. März 2016 (2016-03-23) Fig. 1-6; Abs. [0001], [0006], [0007], [0060], [0069], [0104]; Anspr. 1 -----	10-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/082922

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2020207321 A1	02-07-2020	CN 111376885 A	07-07-2020
		DE 102018010168 A1	02-07-2020
		US 2020207321 A1	02-07-2020

WO 2020105573 A1	28-05-2020	CN 113056397 A	29-06-2021
		JP 2020082872 A	04-06-2020
		US 2021394733 A1	23-12-2021
		WO 2020105573 A1	28-05-2020

DE 102012205862 A1	25-10-2012	DE 102012205862 A1	25-10-2012
		US 2014203626 A1	24-07-2014
		WO 2012143313 A1	26-10-2012

WO 2020250695 A1	17-12-2020	CN 114007913 A	01-02-2022
		DE 112020002790 T5	24-02-2022
		JP 2020199985 A	17-12-2020
		WO 2020250695 A1	17-12-2020

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

DE 102012210809 A1	31-01-2013	KEINE	

EP 2998173 A1	23-03-2016	CN 105452072 A	30-03-2016
		EP 2998173 A1	23-03-2016
		JP WO2014184840 A1	23-02-2017
		US 2016082937 A1	24-03-2016
		WO 2014184840 A1	20-11-2014
