

(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  
17. September 2020 (17.09.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/182569 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
B60T 8/32 (2006.01) B60T 8/94 (2006.01)  
B60T 8/88 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/055663
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
04. März 2020 (04.03.2020)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2019 106 243.8  
12. März 2019 (12.03.2019) DE
- (71) Anmelder: WABCO GMBH [DE/DE]; Am Lindener Hafen 21, 30453 Hannover (DE).
- (72) Erfinder: SCHMIDT, Detlef; Wagnerweg 5, 30989 Gehren (DE). VAN THIEL, Julian; Nelkenweg 7, 30938 Grossburgwedel (DE).
- (74) Anwalt: RABE, Dirk-Heinrich; WABCO GmbH, IP / Intellectual Property, Am Lindener Hafen 21, 30453 Hannover (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, 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: ELECTROPNEUMATIC BRAKE SYSTEM FOR A UTILITY VEHICLE

(54) Bezeichnung: ELEKTROPNEUMATISCHES BREMSSYSTEM FÜR NUTZFAHRZEUG

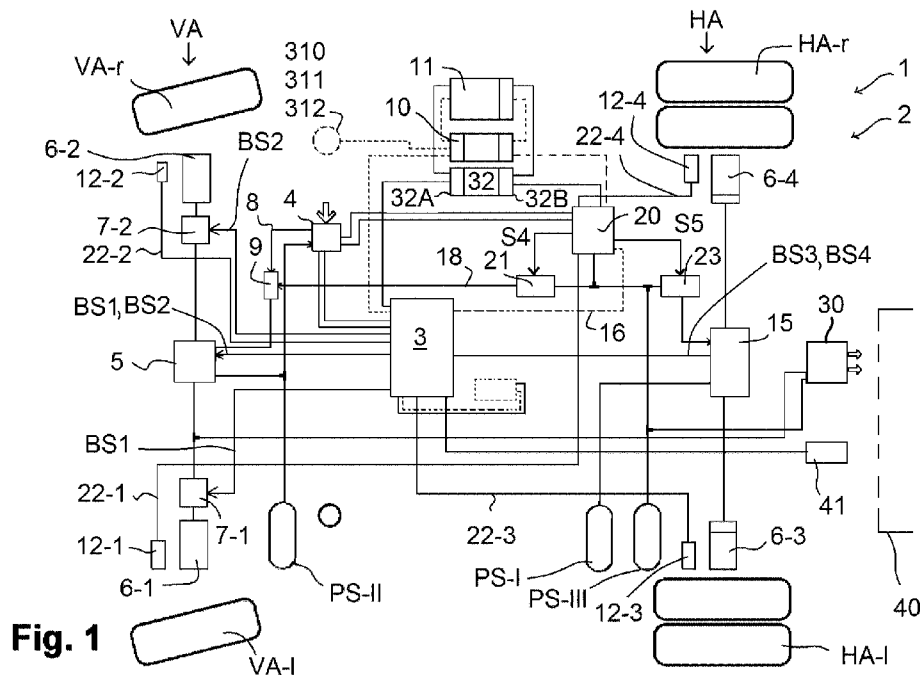


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an electropneumatic brake system (2) for a utility vehicle (1), having wheel rotational speed sensors which are divided into two wheel rotational speed sensor groups (14A, 114A, 214A, 314A) that are read by a central brake controller or a second brake controller. In a braking operation, the central brake controller controls the wheel brakes and allows a slip control operation. If the central brake controller malfunctions, the second brake controller controls the wheel brakes and allows an alternative slip control operation.

(57) Zusammenfassung: Ein elektropneumatisches Bremssystem (2) für ein Nutzfahrzeug (1) weist Raddrehzahlsensoren auf, die in zwei Raddrehzahlsensor-Gruppen (14A, 114A, 214A, 314A) unterteilt sind, die von einer zentralen Brems-Steuereinrichtung oder einer



WO 2020/182569 A1

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, 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)

---

zweiten Brems-Steuerleinrichtung ausgelesen werden. Im Bremsbetrieb steuert die zentrale Brems-Steuerleinrichtung die Radbremsen an und ermöglicht einen Schlupfregelbetrieb; bei ihrem Ausfall steuert die zweiten Brems-Steuerleinrichtung die Radbremsen und ermöglicht einen hilfsweisen Schlupfregelbetrieb.

## Elektropneumatisches Bremssystem für Nutzfahrzeug

Die Erfindung betrifft ein elektropneumatisches Bremssystem für ein Nutzfahrzeug.

Betriebsbremssysteme, insbesondere elektronische Bremssysteme (EBS) weisen im Allgemeinen eine zentrale elektrische Brems-Steuereinrichtung auf, die durch Ausgabe elektrischer Betriebsbremssignale Bremsvorgänge an dem vorderen und hinteren Radbremsen aussteuern kann. Hierbei ist zum Teil der Einsatz einer zweiten Brems-Steuereinrichtung bzw. Hilfs-Steuereinrichtung vorgesehen, die bei Ausfall der zentralen Brems-Steuereinrichtung einen hilfsweisen bzw. zumindest rudimentären Bremsbetrieb oder Betriebsbremsbetrieb aufrecht erhalten kann, was auch als fail operation braking system (FOBS) bezeichnet wird.

Im regulären Bremsbetrieb kann die zentrale Brems-Steuereinrichtung im Allgemeinen Bremschlupfregelungen an dem einzelnen Radbremsen durchführen. In einem Fail-Operation-Bremsbetrieb sind derartige Bremschlupfregelungen jedoch im Allgemeinen nicht mehr möglich.

Die EP 0 133 287 B1 beschreibt ein hydraulisches automatisches Bremssystem, bei dem ein Raddrehzahlsensor ein pulsbreitenmoduliertes Sensorsignal ausgibt. Hierbei sind der vordere linke Raddrehzahlsensor und der vordere rechte Raddrehzahlsensor, sowie die hinteren Raddrehzahlsensoren an unterschiedliche Steuereinheiten angeschlossen.

Die drei Steuereinheiten sind hierbei miteinander verbunden, insbesondere auch für einen Fehlerfall.

- 2 -

Es zeigt sich jedoch, dass dies im Allgemeinen sehr spezielle Lösungen sind und insbesondere für elektropneumatische Bremssysteme, die in Nutzfahrzeugen eingesetzt werden, nicht einsetzbar sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein elektropneumatisches Bremssystem für Nutzfahrzeuge und ein Verfahren zu dessen Betrieb bzw. Steuerung zu schaffen, die einen sicheren Fail-Operation-Betrieb ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch ein elektropneumatisches Bremssystem nach Anspruch 1 und ein Verfahren zu dessen Steuerung gelöst. Die Unteransprüche beschreiben bevorzugte Weiterbildungen. Weiterhin ist ein Fahrzeug mit dem elektropneumatischen Bremssystem vorgesehen, das insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen ist.

Somit ist nicht nur ein Fail-Operation-Betrieb bzw. Hilfs-Bremsbetrieb zur Ansteuerung der Radbremsen bei elektrischem Ausfall der zentralen Brems-Steuereinrichtung durch die zweite Brems-Steuereinrichtung vorgesehen, sondern ergänzend ein Hilfs-Bremsschlupfbetrieb durch die zweite Brems-Steuereinrichtung. Hierzu sind die vier Radbremszahlsensoren der beiden Räder der Vorderachse und der beiden Räder der Hinterachse in zwei Raddrehzahlsensor-Gruppen unterteilt, die jeweils von der zentralen Brems-Steuereinrichtung oder der zweiten Brems-Steuereinrichtung ausgelesen werden. Insbesondere sind hierzu direkte Signalleitungen zwischen den Raddrehzahlsensoren und der jeweiligen Brems-Steuereinrichtung vorgesehen, die – in üblicher Weise – eine hohe Signalübertragungssicherheit gewährleisten.

Aufgrund der direkten Signalleitungen ist eine redundante Weiterleitung eines Raddrehzahlsensorsignals von einem Raddrehzahlsensor an beide

- 3 -

Steuereinrichtungen im Allgemeinen nicht ohne den ergänzenden Hardwareaufwand, z. B. verzweigende Kabel (Y-Kabel) möglich. Um derartige verzweigende Kabel oder den Einsatz doppelter Raddrehzahlsensoren an den einzelnen Fahrzeuigrädern zu vermeiden, werden die Raddrehzahlsensoren in die zwei Raddrehzahlsensor-Gruppen unterteilt. Somit fällt kein zusätzlicher Hardware-Aufwand durch spezielle Verzweigungs-Kabel oder doppelte Raddrehzahlsensoren an.

Die zweite Brems-Steuereinrichtung ermöglicht nicht nur einen redundanten Brems-Steuerbetrieb (Hilfs-Bremsbetrieb) durch Ansteuerung der Radbremsen bei elektrischem Ausfall der zentralen Brems-Steuereinrichtung, sondern ergänzend vorzugsweise einen redundanten Bremsschlupfregelbetrieb, indem sie die Raddrehzahlen der Raddrehzahlsensoren der anderen Raddrehzahlsensor-Gruppe, die sie nicht direkt ausliest, abschätzt. Hierbei kann insbesondere ein Abschätzen der Raddrehzahlsensoren durch einen Raddrehzahlsensor der gleichen Achse vorgesehen sein, z. B. ein Abschätzen des rechten vorderen Raddrehzahlsensors durch Gleichsetzen der linken vorderen Raddrehzahlen und rechten vorderen Raddrehzahlen. Hierzu kann insbesondere eine Ausführungsform mit kreuzweiser Auslegung der Raddrehzahlsensoren vorgesehen sein, sodass der linke vordere Raddrehzahlsensor und der hintere rechte Raddrehzahlsensor einer ersten Raddrehzahlsensor-Gruppe und die anderen beiden Raddrehzahlsensoren der anderen Raddrehzahlsensor-Gruppe zugeordnet werden. Diese Ausführungsform ermöglicht somit ein direktes Abschätzen der verbleibenden Raddrehzahlen.

Gemäß einer hierzu alternativen Ausführungsform können die beiden vorderen Raddrehzahlsensoren zusammen mit einem der beiden hinteren Raddrehzahlsensoren in einer der Raddrehzahlsensor-Gruppen aufgenommen werden, sodass der andere hintere Raddrehzahlsensor in der

- 4 -

anderen Raddrehzahlsensor-Gruppe verbleibt. Dem liegt die Überlegung zugrunde, dass die hinteren Raddrehzahlen grundsätzlich über die Drehzahlen einer Getriebeausgangswelle abgeschätzt werden können, da bei einem Nutzfahrzeug im Allgemeinen die Räder der Hinterachse angetrieben sind und somit eine Getriebeausgangswelle, die von einer Getriebesteuerung sensiert wird, entsprechende Drehzahlen der Getriebeausgangswelle liefert, aus denen die Raddrehzahlen entsprechend abgeschätzt werden können.

Somit kann insbesondere die Raddrehzahlsensor-Gruppe der zentralen Brems-Steuereinrichtung die beiden vorderen Raddrehzahlen und einen der beiden hinteren Raddrehzahlen aufnehmen, sodass auch Probleme z. B. in der direkten Datenverbindung zwischen den Brems-Steuereinrichtungen zu einer relativ geringen Funktions-Beeinträchtigung führen, da die zentrale Brems-Steuereinrichtung bereits drei der vier Raddrehzahlen direkt ausgelesen hat.

Weiterhin können die Raddrehzahlsensoren auch achsweise gruppiert werden, wobei dann wiederum die Raddrehzahlen der Hinterachse im Bedarfsfall über die Drehzahlen einer Getriebeausgangswelle abgeschätzt werden können.

Weiterhin ist auch eine Ausführungsform mit seitenweiser Zuordnung der Raddrehzahlsensoren möglich, sodass die linken Raddrehzahlsensoren der Vorderachse und Hinterachse in einer Raddrehzahlsensor-Gruppe und die beiden rechten Raddrehzahlsensoren in der anderen Raddrehzahlsensor-Gruppe angeordnet werden.

Weiterhin kann in jeder dieser Ausführungsformen die zweite Brems-Steuereinrichtung als elektrische Parkbrems-Steuereinrichtung ausgebildet sein, bzw. die ohnehin für eine elektrische Parkbremse vorgesehene

- 5 -

elektrische Parkbremse-Steuereinrichtung dient ergänzend als zweite Brems-Steuereinrichtung, um den redundanten Betriebsbremsbetrieb bzw. Bremssteuerbetrieb zu gewährleisten. Hierbei liest dann die Parkbrems-Steuereinrichtung die Raddrehzahlsensoren einer der beiden Raddrehzahlsensor-Gruppen aus. Eine derartige Ausbildung weist einige Vorteile auf; so kann die Parkbrems-Steuereinrichtung insbesondere sogenannte Tristop-Zylinder mit kombiniertem Betriebsbrems-Zylinder und Feststellbrems-Zylinder ansteuern, wobei dann ein Fail-Operation-Bremsbetrieb im Allgemeinen durch pneumatische inverse Ansteuerung der Feststellbrems-Zylinder gewährleistet wird, d. h. durch Belüften der Feststellbrems-Zylinder zum Lösen der Parkbremse, und Entlüften der Feststellbrems-Zylinder zum Einlegen der Feststellbremse, um den hilfsweisen bzw. redundanten Betriebsbremssystem zu ermöglichen.

Hierbei ist entsprechend auch eine – hilfsweise bzw. rudimentäre – Bremsschlupfregelung möglich, durch Ausgabe entsprechender pneumatischer Ansteuersignale an den Feststellbrems-Zylinder der jeweiligen Bremse der Hinterachse. Somit entfällt in dem hilfsweisen Bremsbetrieb auch bereits z. B. eine pneumatische Ansteuerung eines Radbremsmoduls der Hinterachse durch die zweite Brems-Steuereinrichtung.

Die beiden Brems-Steuereinrichtungen sind vorzugsweise mit getrennten Spannungsversorgungen ausgestattet, d. h. zwei nicht voneinander abhängende Spannungsversorgungen, sodass auch bei Ausfall einer der Spannungsversorgungen die andere Brems-Steuereinrichtung weiterhin elektrisch versorgt wird. Hierzu können z. B. im Fahrzeug zwei getrennte Batterien vorgesehen sein.

Die Bremsschlupfregelung kann im normalen Bremsbetrieb insbesondere über ABS-Sperrventile erfolgen. So kann insbesondere an der Vorderachse

- 6 -

vor jeder Radbremse ein ABS-Sperrventil vorgesehen sein, das direkt elektrisch von der zentralen Brems-Steuereinrichtung angesteuert wird. Bei Ausbildung als EBS kann z. B. ein Vorderachs-Bremsmodulator zwei Proportional-Relaisventile aufweisen, die eine direkte Aussteuerung des analogen Bremsdrucks für die jeweilige Seite aus einem angeschlossenen Druckluftvorrat ermöglichen, in Abhängigkeit der aufgenommenen Betriebsbremsignale der zentralen Brems-Steuereinrichtung. Die Bremsschlupfregelung wird somit durch die nachgeschalteten ABS-Sperrventile vorgenommen. Die hilfsweise Bremsschlupfregelung bei Ausfall der zentralen Brems-Steuereinrichtung kann somit durch die pneumatische Hilfs-Steuerung der zweiten Brems-Steuereinrichtung erfolgen, die z. B. über ein vorderes Bypass-Ventil erfolgt, das als elektromagnetisches Ventil von der zweiten Brems-Steuereinrichtung angesteuert wird und z. B. einen analogen Brems-Steuerdruck direkt aus einem angeschlossenen Versorgungsdruck aussteuern kann. Somit erfolgt der Brems-Steuerbetrieb und entsprechend auch die hilfsweise Bremsschlupfregelung über ein derartiges Bypass-Ventil.

An der Hinterachse kann eine Bremsschlupfregelung vorzugsweise über ein Hinterachs-Bremsmodul erfolgen, das entsprechend die ABS-Phasen des Druckerhöhens, Druckhaltens und Druckablassens direkt in den angeschlossenen pneumatischen Bremsleitungen zu den Radbremsen einsteuert. Hier kann die hilfsweise Bremssteuerung über ein hinteres Bypass-Ventil erfolgen, das elektrisch von der zweiten Brems-Steuereinrichtung angesteuert wird und z. B. wiederum einen analogen Bremsdruckwert direkt aus dem angeschlossenen Versorgungsdruck aussteuert. Der analoge Bremsdruckwert kann an das Hinterachs-Bremsmodul ausgegeben werden, das im Fehlerfall diesen analogen Bremsdruckwert an die hinteren Radbremsen durchsteuert. Somit kann auch hier wiederum eine hilfsweise bzw. rudimentäre Bremsschlupfregelung

- 7 -

direkt durch Aussteuerung des entsprechenden analogen Bremsdruckwerts erfolgen.

Bei der vorteilhaften Ausbildung der zweiten Brems-Steuereinrichtung als Parkbrems-Steuereinrichtung kann ein derartiges hinteres Bypass-Ventil entfallen, da die Feststellbrems-Steuereinrichtung direkt die pneumatischen Feststellbrems-Zylinder ansteuert und somit einen inversen Bremsbetrieb vornehmen kann, der somit die Betriebsbremsfunktion und die Bremsschlupfregelungsfunktion ermöglicht.

Entsprechend können sowohl Bremsschlupfregelungen für den ABS-Fall als auch Raddrehzahlregelungen für eine Fahrdynamikregelung vorgenommen werden, um Instabilitäten durch asymmetrisches Ansteuern der Radbremmen zu ermöglichen.

Die direkte Datenverbindung zwischen den beiden Steuereinrichtungen kann insbesondere eine Busleitung sein, die insbesondere separat von weiteren Steuereinrichtungen direkt zur Verbindung nur dieser beiden Steuereinrichtungen vorgesehen ist.

Die Raddrehzahlsensoren können aktiv oder passiv sein, ohne dass hier funktionelle Einschränkungen vorliegen.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der beiliegenden Zeichnungen an einigen Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein elektropneumatisches Blockschaltbild eines pneumatischen Bremssystems eines Nutzfahrzeuges gemäß einer ersten Ausführungsform mit kreuzweiser Unterteilung der Raddrehzahlsensoren;

- Fig. 2 ein elektropneumatisches Blockschaltbild eines pneumatischen Bremssystems gemäß einer weiteren Ausführungsform, bei der gegenüber Fig. 1 in der weiteren Steuereinrichtung die Steuerung der elektronischen Parkbremse kombiniert ist;
- Fig. 3 das elektropneumatische Blockschaltbild eines pneumatischen Bremssystems gemäß einer weiteren Ausführungsform mit asymmetrischer Unterteilung der Raddrehzahlsensoren;
- Fig. 4 ein elektropneumatisches Blockschaltbild eines Bremssystems gemäß einer weiteren Ausführungsform mit achsweiser Unterteilung der Raddrehzahlsensoren.

Ein Nutzfahrzeug 1 weist gemäß Fig. 1 ein elektropneumatisches Bremssystem 2 auf. Weiterhin weist das Nutzfahrzeug 1 eine Vorderachse VA mit einem linken Vorderrad VA-l und einem rechten Vorderrad VA-r, sowie entsprechend eine Hinterachse HA mit einem linken Hinterrad HA-l und einem rechten Hinterrad HA-r auf, wobei hier z.B. in üblicher Weise Zwillingsreifen an der Hinterachse HA eingesetzt werden können.

Das elektropneumatische Bremssystem 2 weist eine zentrale elektronische Brems-Steuereinrichtung 3 (ECU-EBS), ein Bremspedal 4 zur Bedienung durch den Fahrer, ein Vorderachs-Bremsmodul 5 zur Ansteuerung eines linken vorderen Bremszylinders 6-1 über ein erstes ABS-Sperrventil 7-1 (ABS-Solenoidventil) und entsprechend zur Ansteuerung eines vorderen rechten Bremszylinders 6-2 über ein vorderes rechtes ABS-Sperrventil 7-2 auf; weiterhin weist das elektropneumatische Bremssystem 2 entsprechend ein Hinterachs-Bremsmodul 15 zur Steuerung eines hinteren linken Bremszylinders 6-3 und eines hinteren rechten Bremszylinders 6-4 auf.

- 9 -

Die detailliertere Ausbildung der Bremsmodule 5, 15 und Bremszylinder 6-i, d. h. 6-1, 6-2, 6-3 und 6-4, kann unterschiedlich erfolgen. Gemäß der gezeigten Ausführungsform kann das elektropneumatische Bremssystem 2 hier als EBS-Bremssystem bzw. elektronisches Bremssystem ausgebildet sein, das somit eine direkte Bremsdruckaussteuerung an den Achsen VA, HA zulässt. Gemäß der gezeigten Ausführungsform kann das Vorderachs-Bremsmodul 5 insbesondere ein Proportional-Regelventil aufweisen und Druckluft aus einem zweiten Druckluft-Kreis oder zweiten Druckluft-Vorrat PS2 aufnehmen und über die ABS-Solenoidventile 7-1, 7-2 an die beiden vorderen Bremszylinder 6-1, 6-2 aussteuern. Hierbei ist gemäß der gezeigten Ausführungsform z.B. eine pneumatische Rückfallebene vorgesehen durch eine pneumatische Verbindung 8 zwischen dem Bremspedal 4 und dem Vorderachs-Bremsmodul 5, die hier zusätzlich ein Select-High-Ventil 9 aufweist, auf das später eingegangen wird.

Die zentrale elektronische Brems-Steuereinrichtung 3 nimmt ein Fahrer-Bremssignal S1, und weiterhin ggf. Brems-Anforderungssignale S2 von weiteren Steuerungen bzw. Steuereinrichtungen des Nutzfahrzeugs 1 auf, z.B. einer Autonomous-Driving-ECU 11 über einen fahrzeuginternen ersten Datenbus, insbesondere CAN-Bus 10.

Weiterhin kann z.B. eine Fahrdynamikregelung oder Stabilitätsregelung in der elektronischen zentralen Brems-Steuereinrichtung 3 selbst vorgesehen sein, oder als externes Bremsanforderungssignal S2 an die zentrale Brems-Steuereinrichtung 3 übertragen bzw. angefordert werden.

An der Hinterachse HA kann das Hinterachs-Bremsmodul 15 z.B. wie gezeigt die ABS-Steuerung mitregeln. Weiterhin können die hinteren Bremszylinder 6-3, 6-4 auch die Parkbremsefunktion mit realisieren, d. h. z.B. eine zusätzliche Druckkammer zum Lösen einer federvorgespannten Radbremse aufweisen.

- 10 -

Hierbei sind auch andere Auslegungen der ABS-Sperrventile und Bremsmodule an der Hinterachse HA und Vorderachse VA möglich.

Weiterhin ist bei der hier gezeigten Ausbildung direkt keine pneumatische Rückfallebene für die Hinterachse HA vorgesehen; auch dies kann jedoch entsprechend vorgesehen sein.

An den Fahrzeugrädern VA-l, VA-r, HA-l, HA-r ist jeweils ein Raddrehzahlsensor 12-i, i= 1 bis 4, vorgesehen, d. h. ein vorderer linker Raddrehzahlsensor 12-1 an dem linken Vorderrad VA-l, entsprechend ein vorderer rechter Raddrehzahlsensor 12-2 an dem rechten Vorderrad VA-r, und entsprechende hintere Raddrehzahlsensoren 12-3, 12-4 an den Hinterrädern HA-l, HA-r. Die Raddrehzahlsensoren 12-i können passiv sein, d. h. bei Bewegung der Fahrzeugräder Signale liefern oder auch aktiv, d. h. insbesondere auch eine aktive Messung durchführen und z. B. digitale Signale liefern.

Hierbei sind die Raddrehsensoren 12-i in zwei Gruppen 14A und 14B aufgeteilt, wobei diese Aufteilung wie nachfolgend erläutert in den verschiedenen Ausführungsformen unterschiedlich erfolgt. Die erste Gruppe 14A wird bei der Ausführungsform nach Fig. 1 durch den vorderen linken Raddrehzahlsensor 12-1 und den hinteren rechten Raddrehzahlsensor 12-4 gebildet und sendet die Raddrehzahlsignale S12-1, S12-3 an eine zweite Brems-Steuereinrichtung (FOBS-ECU) 20. Die zweite Raddrehzahl-Gruppe 14B wird entsprechend durch den vorderen rechten Raddrehzahlsensor 12-2 und den hinteren linken Raddrehzahlsensor 12-3 gebildet, wobei diese Ihre Raddrehzahl-Signale S12-2 und S12-3 an die zentrale Brems-Steuereinrichtung (erste Brems-Steuereinrichtung) 3 senden. Hierbei sind aus Sicherheitsgründen im Allgemeinen direkte Signalleitungen 22-1, 22-2, 22-3, 22-4 zwischen den Raddrehzahlsensoren 12-i und den Steuereinrichtungen 3, 20 gelegt.

Bei der Ausführungsform der Fig. 1 erfolgt somit eine kreuzweise Auslegung der Gruppen 14A, 14B der Raddrehzahlsensoren 12-i.

Die beiden Brems-Steuereinrichtungen 3, 20 sind über eine direkte Datenverbindung 16, z. B. einen direkten Datenbus oder eine serielle Datenleitung, verbunden. Vorteilhafterweise ist diese direkte Datenleitung 16 von dem zentralen Fahrzeugbus bzw. CAN-Bus 10 verschieden.

Somit erfasst die zentrale Brems-Steuereinrichtung 3 zunächst die Raddrehzahlsignale S12-2, S12-3; weiterhin erfasst die zweite Brems-Steuereinrichtung 20 die Raddrehzahlsignale S12-1, S12-4 und sendet diese nachfolgend über die direkte Datenleitung 16 an die zentrale Brems-Steuereinrichtung 3.

Gemäß Fig. 1 geht von der zweiten Brems-Steuereinrichtung 20 eine pneumatische Brems-Hilfsleitung 18 (pneumatische Brems-Hilfssteuerleitung 18) aus, mit der die zweite Brems-Steuereinrichtung 20 bei einem Ausfall der zentralen Brems-Steuereinrichtung 3 eine Hilfs-Bremssteuerung an beiden Achsen VA und HA vornehmen kann. Somit geht die erste Brems-Hilfssteuerleitung oder Vorderachs-Brems-Hilfssteuerleitung 18 zu dem Vorderachs-Bremsmodulator 5, insbesondere über das Select-High-Ventil 9, das somit den höheren der angesteuerten Bremsdrücke von einerseits dem Bremspedal 4 über die pneumatische Brems-Hilfssteuerleitung 8 und andererseits der Vorderachs-Brems-Hilfssteuerleitung 18 durchleiten kann. Hierzu ist vorteilhafterweise ein vorderes Bypass-Ventil 21 zwischen die zweite Brems-Steuerleitung 20 und das Select-High-Ventil 9 geschaltet, das entsprechend über ein elektrisches Hilfs-Bremssteuersignal S4 von der zweiten Brems-Steuereinrichtung 20 angesteuert werden kann. Entsprechend ist in dieser Ausführungsform ein hinteres Bypass-Ventil 23 für die Hinterachs-Hilfssteuerung zur entsprechenden Ansteuerung des Hinterachs-Bremsmodulators 15 vorgesehen, das über ein elektrisches Hilfs-Bremssteuersignal S5 angesteuert wird, wobei hier die Bypass-Ventile 21, 23 zur pneumatischen Hilfssteue-

- 12 -

nung als pneumatische Rückfallebene an einen dritten Vorratsspeicher PS-III angeschlossen sind.

In üblicher Weise ist hier ein Trailer-Control-Modul oder Anhänger-Steuermodul 30 an den dritten Versorgungskreis III angeschlossen. Ein elektrischer Anschluss des hier angedeuteten Anhängers 40 kann über eine Anhänger-Steuerleitung 41, d. h. eine entsprechende Datenverbindung nach ISO 11992 von der zentralen Brems-Steuereinrichtung 3 erfolgen.

Somit ist bei dem Bremssystem 2 der Ausführungsform der Fig. 1 eine zentrale Bremssteuerung über Bremssteuersignale BS1, BS2, BS3, BS4 vorgesehen, die von der Brems-Steuereinrichtung 3 an die Achs-Bremsmodule 5,15 und/oder die ABS-Sperrventile 7-2, 7-1 ausgegeben werden. Eine elektrische Ansteuerung durch die zweite Brems-Steuereinrichtung 20 ist somit im Normalfall nicht vorgesehen; die zweite Brems-Steuereinrichtung 20 liest nur routinemäßig die beiden Raddrehzahlsensoren 12-1 und 12-4 aus und gibt die ermittelten Raddrehzahlen als Raddrehsignale S12-1, S12-4 an die zentrale Brems-Steuereinrichtung 3 aus.

Somit dient im Normalbetrieb die zweite Brems-Steuereinrichtung 20 lediglich zum Auslesen einer der beiden Raddrehzahlsensor-Gruppen, hier der ersten Gruppe 14A, und der Kommunikation mit der (ersten) zentralen Brems-Steuereinrichtung 3; im Falle eines ganzen oder teilweisen Ausfalls der ersten Brems-Steuereinrichtung 3 erfolgt ein Ersatz-Steuerbetrieb bzw. Hilfs-Steuerbetrieb oder redundanter Steuerbetrieb dieses elektropneumatischen Bremssystems 2 bzw. der Bremszylinder 6-1, 6-2, 6-3, 6-4 durch die zweite Brems-Steuereinrichtung 20.

Die Spannungsversorgung der beiden Brems-Steuereinrichtungen 3 und 20 erfolgt getrennt: Eine Spannungsversorgungs-Einrichtung 32 weist zwei getrennte Spannungsversorgungen 32A und 32B auf, die z. B. jeweils eine Ver-

sorgungsspannung U1 bzw. U2 von 24 V zur Verfügung stellen, alternativ können auch Versorgungsspannungen U1, U2 von 12 V zur Verfügung gestellt werden. Hierbei sind vorteilhafterweise getrennte Batterien im Nutzfahrzeug 1 vorgesehen. Fällt somit z. B. die erste Spannungsversorgung 32A aus, so ist weiterhin die zweite Spannungsversorgung 32B vorhanden, die die zweite Brems-Steuereinrichtung 20 mit Spannung bzw. Strom versorgt, um somit den redundanten Hilfs-Bremssteuerbetrieb aufrechtzuerhalten.

Das elektropneumatische Bremssystem 2 ermöglicht nicht nur einen redundanten Brems-Steuerbetrieb, sondern auch eine redundante Bremsschlupf-Steuerung. Fallen z. B. die Raddrehzahlsignale S12-1, S12-3 aus, da z. B. die zweite Brems-Steuereinrichtung 20 defekt oder aufgrund fehlender Spannungsversorgung nicht betriebsbereit ist, so kann die erste, zentrale Brems-Steuereinrichtung 3 die fehlenden Raddrehzahlen abschätzen; insbesondere kann zunächst bei dieser kreuzweisen Anordnung angesetzt werden, dass die Raddrehzahlen an jeder Achse VA, HA links und rechts gleich sind, um eine hilfsweise bzw. rudimentäre Fehlerfall-Bremsschlupfregelung (fail operation braking system, FOBS) zu realisieren. Dies ist insbesondere für eine ABS-Schlupfregelung möglich.

Fig. 2 zeigt als zweite Ausführungsform ein elektropneumatisches Bremssystem 102, in dem eine elektronische Feststell-Bremssteuereinrichtung 120 als zweite elektrische Bremssteuereinrichtung dient, d. h. entsprechend der zweiten elektrischen Bremssteuereinrichtung 20 der ersten Ausführungsform der Fig. 1. Der Aufbau und die Funktionalität der zentralen Brems- Steuereinrichtung 3 sowie der Bremszylinder 6-i,  $i = 1, 2, 3, 4$ , der Raddrehzahlsensoren 12-i sowie der ABS-Sperrventile 7-1, 7-2, des Select-High-Ventils 9, des Bremspedals 4 und auch der weiteren Leitungen, einschließlich der Druckluftvorräte und auch des Anhänger-Steuerventils 30 und des Hinterachs-Bremsmodulators 15 bleibt unverändert. Die Feststellbrems- Steuereinrich-

- 14 -

tung 120 ist somit ebenfalls über die direkte Datenleitung 16 mit der zentralen Brems-Steuereinrichtung 3 verbunden.

Gemäß Fig. 2 ist weiterhin ein Feststellbrems-Betätigungsmittel 109 zur Betätigung durch den Fahrer, d. h. z. B. als Feststellbrems-Pedal, vorgesehen, das entsprechend elektrisch von der elektrischen Feststellbrems- Steuereinrichtung 120 ausgelesen wird.

Weiterhin entfällt das hintere Bypass-Ventil 23 zwischen der Feststellbrems-Steuereinrichtung 120 und dem Hinterachs-Bremsmodulator 15, da die Feststellbrems-Steuereinrichtung 120 über pneumatische Feststellbrems-Steuerleitungen 113, 114 die als Tristop-Zylinder 116 ausgelegten hinteren Bremszylinder 6-3, 6-4 ansteuert. Somit lässt sich der redundante Brems-Steuerbetrieb bzw. Betriebsbremsbetrieb im Fehlerfall der zentralen Brems-Steuereinrichtung 3 durch pneumatische Steuersignale der Feststellbrems-Steuereinrichtung 120 über die pneumatischen Feststellbrems- Steuerleitungen 113, 114 aufrecht erhalten; dieser pneumatische Hilfs-Betrieb sieht somit eine Invertierung der pneumatischen Signale an die Federkammern bzw. Feststellbremszylinder 106-3, 106-4 der als Tristop-Zylinder 116 ausgebildeten hinteren Bremszylinder 6-3, 6-4 vor, so dass zum Einlegen der Betriebsbremse bzw. der Betriebsbremsfunktion die Feststell- Bremskammern entlüftet werden und zum Lösen der Betriebsbremsfunktion die Feststell-Bremskammern mit Druck beaufschlagt werden.

Somit ermöglicht die zweite Ausführungsform mit dem pneumatischen Bremssystem 102 gemäß Fig. 2 – entsprechend Ausführungsform der Fig. 1 – insbesondere die kreuzweise Auslesung der Raddrehzahl-Sensoren 12-i und einen hilfswisen Brems-Steuerbetrieb sowie auch hilfswisen Brems-Schlupfregelbetrieb (FOBS), und weiterhin den synergistischen Vorteil der Verwendung der Feststellbrems-Steuereinrichtung als zweite Brems-Steuereinrichtung, so dass hier keine zusätzliche zweite Brems- Steuerein-

richtung erforderlich ist; weiterhin wird für den redundanten Betriebsbremsbetrieb an der Hinterachse HA kein zusätzliches Bypass-Ventil benötigt.

Die Ausführungsform der Fig. 3 zeigt ein elektropneumatisches Bremssystem 202, bei dem die Raddrehzahlsensoren 12-i nicht kreuzweise, sondern asymmetrisch unterteilt sind. Hierbei bilden die beiden Hinterachs- Raddrehzahlsensoren 12-3, 12-4 und einer der beiden vorderen Raddrehzahlsensoren, hier der rechte vordere Raddrehzahlsensor 12-2, die erste Raddrehzahlsensor-Gruppe 214A, und entsprechend der weitere vordere Raddrehzahlsensor, hier somit der linke vordere Raddrehzahlsensor 12-1, die zweite Raddrehzahlsensor-Gruppe 214B.

Auch hier kann somit die zweite Brems-Steuereinrichtung 20 – entsprechend der ersten Ausführungsform der Fig. 1 – bei Ausfall der zentralen Brems-Steuereinrichtung 3 bzw. deren erster Spannungsversorgung V1 den hilfsweisen Betriebsbremsbetrieb übernehmen, wiederum durch pneumatische Ansteuerung der Vorderachse VA über das Select-High-Ventil 9 an den Vorderachs-Bremsmodulator 5, und entsprechend über das hintere Bypass-Ventil 23 pneumatisch an den Hinterachs-Bremsmodulator 15. Falls diese Ausführungsform mit der Ausführungsform der Fig. 2 kombiniert ist, kann entsprechend die zweite Brems-Steuereinrichtung 20 wiederum ohne hinteres Bypass-Ventil 23 direkt die Feststell-Bremszylinder 106-3, 106-4 der als Tristop- Zylinder 116 ausgebildeten hinteren Bremszylinder 6-3, 6-4 pneumatisch ansteuern.

Weiterhin ist auch bei dieser Ausführungsform der Fig. 3 ein Fail-Operation-Schlupfregelbetrieb möglich, wobei insbesondere die Raddrehzahlen der hinteren Fahrzeugräder HA-l und HA-r, die beim Nutzfahrzeug im Allgemeinen angetrieben sind, über Getriebeausgangswellen-Drehzahlsignale S40 abgeschätzt werden können, die die zweite Brems-Steuereinrichtung 20 z. B. über den fahrzeuginternen Datenbus bzw. CAN-Bus 10 von z. B. einer Getriebe-

Steuereinrichtung aufnehmen kann. Somit können die Drehzahlen der Hinterräder HA-l und HA-r abgeschätzt werden. Da die zweite Brems- Steuereinrichtung 20 direkt die Raddrehzahlsignale S20-1 des linken Vorderrades VA-l (oder alternativ hierzu des rechten Vorderrades VA-r) aufnimmt, kann sie wiederum in dem Fail-Operation-Schlupfregelbetrieb die Drehzahl der jeweils anderen Seite abschätzen, indem sie die Drehzahl an der Vorderachse VA als gleich ansetzt.

Wie bereits ausgeführt können die Ausführungsformen der Fig. 2 und 3 entsprechend kombiniert werden, so dass in Fig. 3 statt der zweiten Brems- Steuereinrichtung 20 entsprechend die Feststell-Bremssteuereinrichtung 120 der Fig., 2 eingesetzt wird.

Die vierte Ausführungsform der Fig. 4 zeigt ein elektropneumatisches Bremssystem 302, bei dem eine achsweise Zuordnung der Raddrehzahlsensor-Gruppen 314A, 314B erfolgt: Die erste Raddrehzahlsensor-Gruppe 314A weist die vorderen Raddrehzahlsensoren, d. h. den linken vorderen Raddrehzahlsensor 12-1 und den rechten vorderen Raddrehzahlsensor 12-2 auf, die somit von der zweiten Brems- Steuereinrichtung 20 ausgelesen werden. Die zweite Raddrehzahlsensor-Gruppe 314B weist die beiden hinteren Raddrehzahlsensoren, d. h. den hinteren linken Raddrehzahlsensor 12-3 und den hinteren rechten Raddrehzahlsensor 12-4 auf, die somit von der zentralen Brems- Steuereinrichtung 3 ausgelesen werden.

In einem Fail-Operation-Schlupfregelbetrieb können grundsätzlich wiederum die nicht vorliegenden Raddrehzahlen der Hinterachse HA über die Getriebeausgangswellen-Drehzahlsignale S40, entsprechend der Ausführungsform der Fig. 3 abgeschätzt werden, so dass die zweite Brems- Steuereinrichtung 20 ein pneumatisch gesteuerten Betriebsbremsbetrieb und den ergänzenden Schlupfregelbetrieb durchführen kann, wobei hier beide Raddrehzahlsignale S12-1, S12-2 der Vorderachse VA zur Verfügung stehen.

## Bezugszeichenliste (Teil der Beschreibung)

- 1 Nutzfahrzeug
- 2, 102, 202, 302 elektropneumatisches Bremssystem
- 3 zentrale elektronische Brems-Steuereinrichtung
- 4 Bremspedal, insbesondere mit pneumatischem und elektrischem Ausgang
- 5 Vorderachs-Bremssystem
- 6-i Bremszylinder
- 6-1 vorderer linker Bremszylinder
- 6-2 vorderer rechter Bremszylinder
- 6-3 hinterer linker Bremszylinder, insbesondere als Tristop-Bremszylinder mit kombinierter Feststellbrems-Funktion durch zwei Bremskammern, eine pneumatische Betriebsbremskammer und eine pneumatische Feststellbremskammer, die gegen eine Federvorspannung der Feststellbremse wirkt
- 6-4 hinterer rechter Bremszylinder, insbesondere als Tristop-Bremszylinder mit kombinierter Feststellbrems-Funktion durch zwei Bremskammern, eine pneumatische Betriebsbremskammer und eine pneumatische Feststellbremskammer, die gegen eine Federvorspannung der Feststellbremse wirkt
- 7-1, 7-2 ABS-Sperrventile, insbesondere an der Vorderachse VA
- 8 pneumatische Hilfs-Bremssteuerleitung für pneumatischen Bremsbetrieb an der Vorderachse VA
- 9 Select-High-Ventil
- 10 fahrzeuginterner Datenbus, insbesondere CAN-Bus
- 11 externes Steuergerät für autonomes Fahren, autonomous-driving-ECU
- 12-i Raddrehzahlsensoren
- 12-1 vorderer linker Raddrehzahlsensor
- 12-2 vorderer rechter Raddrehzahlsensor
- 12-3 hinterer linker Raddrehzahlsensor

- 18 -

- 12-4 hinterer rechter Raddrehzahlsensor
- 14A, 214A, 314A erste Raddrehzahlsensor-Gruppe
- 14B, 214B, 314B zweite Raddrehzahlsensor-Gruppe
- 15 Hinterachs-Bremsmodul, z. B. mit zwei Relais-Ventilen
- 16 direkte Datenverbindung, z.B. Busverbindung zwischen den Brems-Steuereinrichtungen 3, 20
- 18 pneumatische Brems-Hilfssteuerleitung für den pneumatischen Hilfs-Bremssteuerbetrieb durch die zweite Brems-Steuereinrichtung 20, 120 an der Vorderachse VA
- 20 zweite Brems-Steuereinrichtung, Hilfs-Bremssteuereinrichtung, für den Hilfs-Bremssteuerbetrieb
- 21 vorderes Bypass-Ventil 21 zwischen der zweiten Brems-Steuerleitung 20 und dem Select-High-Ventil 9
  
- 22-1, 22-2, 22-3, 22-4 direkte Signalleitungen zwischen den Raddrehzahlsensoren 12-i und den Steuereinrichtungen 3, 20
  
- 23 hinteres Bypass-Ventil für die Hinterachs-Hilfssteuerung zur pneumatischen Ansteuerung des Hinterachs-Bremsmodulators 15
  
- 30 Anhänger-Steuermodul, TCM
- 32 Spannungsversorgungs-Einrichtung
- 32A erste Spannungsversorgung
- 32B zweite Spannungsversorgung
- 40 Anhänger
- 41 Anhänger-Steuerleitung, insbesondere Datenverbindung nach ISO 11992
- 100 Betriebsbremsbetrieb
- 100a Hilfs-Betriebsbremsbetrieb
  
- 105 redundanter Hilfs-Bremsbetrieb

- 19 -

105-1 pneumatische Redundanzansteuerung der Vorderachse

105-2 pneumatische Redundanzansteuerung der Hinterachse

106-3, 106-4 Feststellbrems-Zylinder, Federkammern der Tristop-Zylinder

100a Hilfs-Betriebsbremsbetrieb der Feststellbrems-Steuereinrichtung 120

116 Tristop-Zylinder

109 Feststellbrems-Betätigungsmittel, z. B. Feststellbrems-Pedal

113, 114 pneumatische Feststellbrems-Steuerleitung

120 Feststell-Bremssteuereinrichtung

310 elektronischen Stabilitätssystem (fahrzeuginternes System, über fahrzeuginternen Datenbus 10 verbunden)

311 Abstand-Regelsystem (fahrzeuginternes System, über fahrzeuginternen Datenbus 10 verbunden)

312 Notbremssystem (fahrzeuginternes System, über fahrzeuginternen Datenbus 10 verbunden)

HA Hinterachse

HA-l linke Hinterrad

HA-r rechte Hinterrad

n1, n2, n3, n4 Raddrehzahlen

S1 Fahrer-Bremssignal

S2 externe Bremsanforderungs-Signal

S4 elektrisches Hilfs-Bremssteuersignal von der zweiten Brems-  
Steuereinrichtung 20 an das vordere Bypass-Ventil 21 zwischen der  
zweiten Brems-Steuerleitung 20 und dem Select-High-Ventil 9

S5 elektrisches Hilfs-Bremssteuersignal von der zweiten  
Brems-Steuereinrichtung 20 an das hintere Bypass-Ventil 23

- 20 -

BS1, BS2, BS3, BS4      Bremssteuersignale

S12-i Raddrehzahl-Signale, des Raddrehzahlsensors 12-i

S40    Getriebeausgangswellen-Drehzahlsignal

VA    Vorderachse

VA-l   linke Vorderrad

VA-r   rechte Vorderrad

U1, U2 erste Spannungsversorgung, zweite Spannungsversorgung,  
z.B. zwei Batterien

PS-I, PS-II, PS, III erster, zweiter dritter pneumatischer Versorgungskreis,  
Vorratsspeicher

ABS    Bremsschlupfregelung, insbesondere ABS-Bremsschlupfregelung

H\_ABS      hilfswise Bremsschlupfregelung

SR    Stabilitätsregelung und/oder Fahrdynamikregelung

SR2    selektive, z.B. rechts und links unsymmetrische Bremsansteuerung

p\_6\_1    analoger Drucksteuerwert an Bremszylinder 6-1

p\_6\_2    analoger Drucksteuerwert an Bremszylinder 6-2

## Patentansprüche

1. Elektropneumatisches Bremssystem (2, 102, 202, 302) für ein Nutzfahrzeug (1), wobei das Bremssystem (2, 102, 202, 302) mindestens aufweist:
  - einen vorderen ersten Bremszylinder (6-1) und vorderen zweiten Bremszylinder (6-2) an einer Vorderachse (VA),
  - einen hinteren dritten Bremszylinder (6-3) und hinteren vierten Bremszylinder (6-4) an einer Hinterachse (HA),
  - eine zentrale Brems-Steuereinrichtung (3) zur Ausgabe von Bremssteuersignalen (BS1, BS2, BS3, BS4) zur pneumatischen Druckbeaufschlagung der Bremszylinder (6-i, i = 1, 2, 3, 4), wobei die Bremszylinder (6-i) zur Abbremsung von Fahrzeugrädern (VL, VR, HL, HR) vorgesehen sind,
  - wobei zwei vordere Raddrehzahlsensoren (12-1, 12-2) und zwei hintere Raddrehzahlsensoren (12-3, 12-4) zur Sensierung von Raddrehzahlen (n1, n2, n3, n4) der Fahrzeugräder (VL, VR, HL, HR) und Ausgabe von Raddrehzahl-Signalen (S12-i, i = 1, 2, 3, 4) vorgesehen sind,
  - eine zweite Brems-Steuereinrichtung (20, 120) zur Ansteuerung der Bremszylinder (6-i) bei Ausfall der zentralen Brems-Steuereinrichtung (3) als hilfswesen, zumindest teilweise elektrischen Hilfsbremsbetrieb, wobei die vier Raddrehzahlsensoren (S12-i, i = 1, 2, 3, 4) in eine erste Raddrehzahlsensor-Gruppe (14A, 214A, 314A) und eine zweite Raddrehzahlsensor-Gruppe (14B, 214B, 314B) aufgeteilt sind, wobei die erste Raddrehzahlsensor-Gruppe (14A, 214A, 314A) ihre Raddrehzahlsensor-Signale (S12-i) an die zweite Brems-Steuereinrichtung (20, 120) ausgibt, die die Raddrehzahlsensor-Signale (S12-i) an die zentrale Brems-Steuereinrichtung (3) weitergibt, und die zweite Raddrehzahlsensor-Gruppe (14B, 214B, 314B) ihre Raddrehzahlsensor-Signale (S12-i) an die zentrale Brems-Steuereinrichtung (3) ausgibt, und

- 22 -

die zentrale Brems-Steuereinrichtung (3) ausgebildet ist, eine Schlupfregelung (ABS) der Fahrzeuigräder (VL, VR, HL, HR) elektrisch auszusteuern, und bei einem Ausfall der zentralen Brems-Steuereinrichtung (3) die zweite Brems-Steuereinrichtung (20, 120) ausgebildet ist, mit den Raddrehzahlsensor-Signalen (S12-i) der ersten Raddrehzahlsensor-Gruppe (14A, 114A, 214A, 314A) eine hilfswise Bremsschlupfregelung (H\_ABS) der Bremszylinder (6-i, i = 1, 2, 3, 4) auszusteuern.

2. Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zentrale Brems-Steuereinrichtung (3) eine erste Spannungsversorgung (U1) und die zweiten Brems-Steuereinrichtung (20) eine von der ersten Spannungsversorgung (U1) getrennte zweite Spannungsversorgung (U2) aufweist.
3. Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine direkte Datenverbindung (16), z.B. ein Datenbus (16), zwischen den beiden Brems-Steuereinrichtungen (3, 20, 120) vorgesehen ist.
4. Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vorderen Bremszylinder (6-1, 6-2) über jeweils ein vorderes ABS-Sperrventil (7-1, 7-2) pneumatisch angesteuert sind, wobei die zentrale Brems-Steuereinrichtung (3) elektrische Brems-Steuersignale (BS1, BS2) an die vorderen ABS-Sperrventile (7-1, 7-2) ausgibt.
5. Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Vorderachs-Bremssmodulator (5) zur pneumatischen Ansteuerung der beiden vorderen Bremszylinder (6-1, 6-2) vorgesehen ist, der Bremssteuersignale (BS1, BS2) von der zentralen

Brems-Steuereinrichtung (3) aufnimmt, vorzugsweise als Proportional-Relaisventil (5) zur Aussteuerung analoger Drucksteuerwerte (p\_6\_1, p\_6\_2\_) aus einem angeschlossenen Vorratsspeicher (PSII).

6. Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Hinterachs-Bremsmodul (15) zur pneumatischen Ansteuerung der beiden hinteren Bremszylinder (6-3, 6-4) vorgesehen ist, insbesondere in Abhängigkeit elektrischer Brems-Steuersignale (BS3, BS4) der zentralen Brems-Steuereinrichtung (3).
7. Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Brems-Steuereinrichtung (20, 120) ein vorderes elektromagnetisches Bypass-Ventil (21) zur pneumatischen Redundanzansteuerung (105-1) der vorderen Radbremsen (6-1, 6-2) und/oder ein hinteres elektromagnetisches Bypass-Ventil (23) zur pneumatischen Redundanzansteuerung (105-2) der hinteren Radbremsen (6-3, 6-4), insbesondere über ein hinteres Radbremsmodul (15) aufweist, für den redundanten Hilfs-Bremsbetrieb (105) bei Ausfall der zentralen Brems-Steuereinrichtung (3).
8. Bremssystem (2) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Raddrehzahlsensoren (12-i, i = 1, 2, 3, 4) kreuzweise in die Raddrehzahlsensor-Gruppen (14A, 14B) unterteilt sind, z.B. mit dem vorderen linken Raddrehzahlsensor (12-1) und dem hinteren rechten Raddrehzahlsensor (12-4) in der ersten Raddrehzahlsensor-Gruppe (14A) und dem vorderen rechten Raddrehzahlsensor (12-2) und dem hinteren linken Raddrehzahlsensor (12-3) in der zweiten Raddrehzahlsensor-Gruppe (14B).
9. Bremssystem (202) nach einem der Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine der beiden Raddrehzahlsensor-Gruppen

- 24 -

(214A, 214B) lediglich einen vorderen Raddrehzahlsensor (12-1, 12-2) aufweist und die beiden hinteren Raddrehzahlsensoren (12-3, 12-4) und der andere vordere Raddrehzahlsensor (12-1, 12-2) in der anderen Raddrehzahlsensor-Gruppe, insbesondere der zweiten Raddrehzahlsensor-Gruppe (214B) aufgenommen sind, wobei die Brems-Steuereinrichtungen (3, 20) ausgelegt sind, über ein fahrzeuginternes Datensystem (10) Getriebeausgangswellen- Drehzahl-signale (S40) aufzunehmen, zur Abschätzung der Raddrehzahlen (n3, n4) der Hinterräder (HA-l, HA-r).

10. Bremssystem (302) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden vorderen Raddrehzahlsensoren (12-1, 12-2) in einer Raddrehzahlsensor-Gruppe, z. B. der ersten Raddrehzahlsensor-Gruppe (314A) aufgenommen sind, und die beiden hinteren Raddrehzahlsensoren (12-2, 12-4) in der anderen Raddrehzahlsensor-Gruppe, z. B. der zweiten Raddrehzahlsensor-Gruppe (314B) aufgenommen sind, vorzugsweise unter Aufnahme von Getriebeausgangswellen-Drehzahl-signalen (S40) über ein Fahrzeug internes Datensystem (10) durch die Steuereinrichtung (3) der einen Raddrehzahlsensor-Gruppe (314A), zur Abschätzung der hinteren Raddrehzahlen (n3, n4).
11. Bremssystem (102) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Brems-Steuereinrichtung (120) als Steuereinrichtung einer elektrischen Parkbremse (EPH) ausgebildet ist, zur direkten pneumatischen Ansteuerung von pneumatischen Feststell-Bremszylindern (106-3, 106-4) der als kombinierte Betriebs-Bremszylinder (6-3, 6-4) und Feststell-Bremszylinder (106-3, 106-4) ausgelegten hinteren Radbremsen (116), z.B. Tristop-Zylindern (116),

- 25 -

wobei die Feststellbrems-Steuereinrichtung (120) ausgelegt ist, im Hilfs-Betriebsbremsbetrieb (100a) Betriebsbremsvorgänge und Bremsschlupfregelungen (ABS) an den hinteren Radbremsen (6-3, 6-4) durch pneumatische Ansteuerung der pneumatischen Feststell-Bremszylinder (106-3, 106-4) durchzuführen.

12. Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Brems-Steuereinrichtung (20, 120) ausgelegt ist, im Hilfs-Betriebsbremsbetrieb (100a) weiterhin eine Stabilitätsregelung (SR) durch selektive, z.B. rechts und links unsymmetrische Bremsansteuerung (SR2) der linken und rechten Radbremsen (6-1, 6-2, 6-3, 6-4) vorzunehmen.
13. Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Betriebsbrems- Betätigungseinrichtung (4), z. B. ein Bremspedal (4), elektrische Fahrer-Bremssignale (S1) an die zentrale Brems-Steuereinrichtung (3) ausgibt, das Bremssystem (2, 102, 202, 302) als elektronisches Bremssystem (EBS) ausgelegt ist, und die zentrale Brems-Steuereinrichtung (3) elektrische Brems-Steuersignale (BS1, BS2, BS3, BS4) an ein Vorderachs-Bremsmodul (5) und Hinterachs-Bremsmodul (15) ausgibt.
14. Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Brems-Steuereinrichtung (20, 120) als Anhänger-Bremssteuereinrichtung (120) ausgebildet ist zur Ansteuerung eines Anhänger-Steuermoduls (30) zur pneumatischen Versorgung eines anzuschließenden Anhängers (40).
15. Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zentrale Brems-Steuereinrichtung (3)

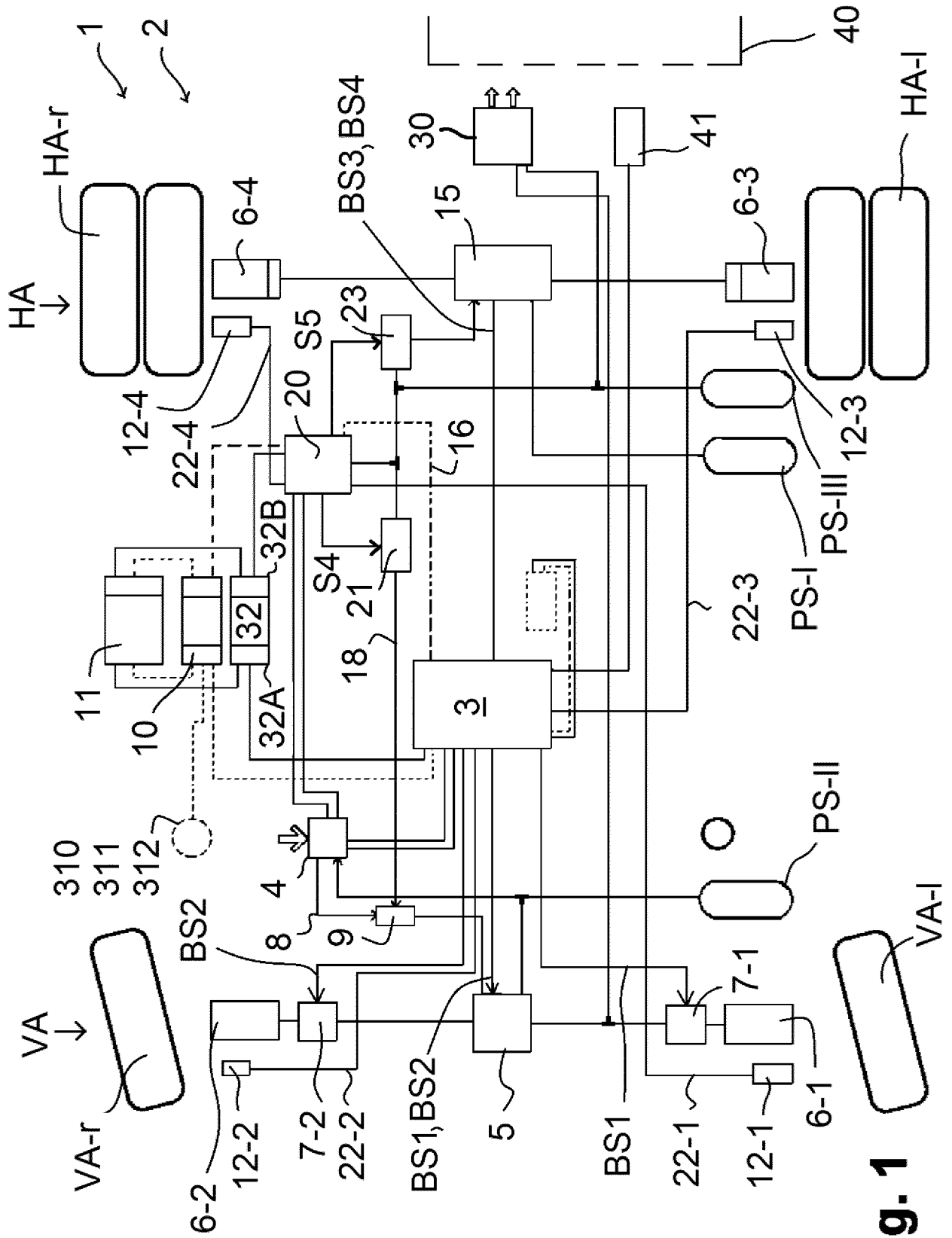
über ein fahrzeuginternes Datensystem (10) externe Bremsanforderungs-Signale (S2), z. B. von einem elektronischen Stabilitätssystem (310), Abstand-Regelsystem (311) und/oder Notbremssystem (312) aufnimmt und in Abhängigkeit der externen Bremsaufforderung-Signale (S2) Brems-Steuersignale (BS1, BS2, BS3, BS4) ausgibt.

16. Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei elektrischem Ausfall der zweiten Brems-Steuereinrichtung (20, 120) die zentrale Brems-Steuereinrichtung (3) die Raddrehzahlen (n1, n2, n3, n4) der ersten Raddrehzahlsensor-Gruppe (14A) abschätzt, insbesondere aus einer Raddrehzahl (n1, n2, n3, n4) eines Raddrehzahlsensors (12-1, 121-2, 12-3, 12-4) der zweiten Raddrehzahlsensor-Gruppe (14B) der gleichen Achse (VA, HA) und/oder eine hintere Raddrehzahl (n3, n4) aus Getriebeausgangswellen-Drehsignalen (S40), die über ein Fahrzeugdatensystem (10) aufgenommen werden.
17. Verfahren zur Steuerung eines elektropneumatischen Bremssystems (2, 102, 202, 302) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei bei einem Ausfall der zentralen Brems-Steuereinrichtung (3) die zweite Brems-Steuereinrichtung (20, 120) die Raddrehzahlen (n1, n2, n3, n4) der zweiten Raddrehzahlsensor-Gruppe (14B) abschätzt und einen Betriebsbremsbetrieb (100) durch Ansteuerung der vorderen und hinteren Radbremsen (6-i, i = 1, 2, 3, 4) und einen Bremsschlupfbetrieb (ABS) durch Bremsschlupfregelung der Radbremsen (6-i, i = 1, 2, 3, 4) durchführt.
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ausfall der zweiten Brems-Steuereinrichtung (20, 120) die zentrale Brems-Steuereinrichtung (3) die Raddrehzahlen (n1, n2, n3, n4) der

- 27 -

Raddrehzahlsensoren (12-i) der ersten Raddrehzahlsensor-Gruppe (14A) abschätzt und eine Bremsschlupfregelung (ABS) der Radbremsen (6-i) der ersten Raddrehzahlsensor-Gruppe (14A) durchführt.

19. Fahrzeug (1), insbesondere Nutzfahrzeug (1) oder Fahrzeug-Anhänger (40), mit einem elektropneumatischen Bremssystem (2, 102, 202, 302) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 17 bis 18.



**Fig. 1**

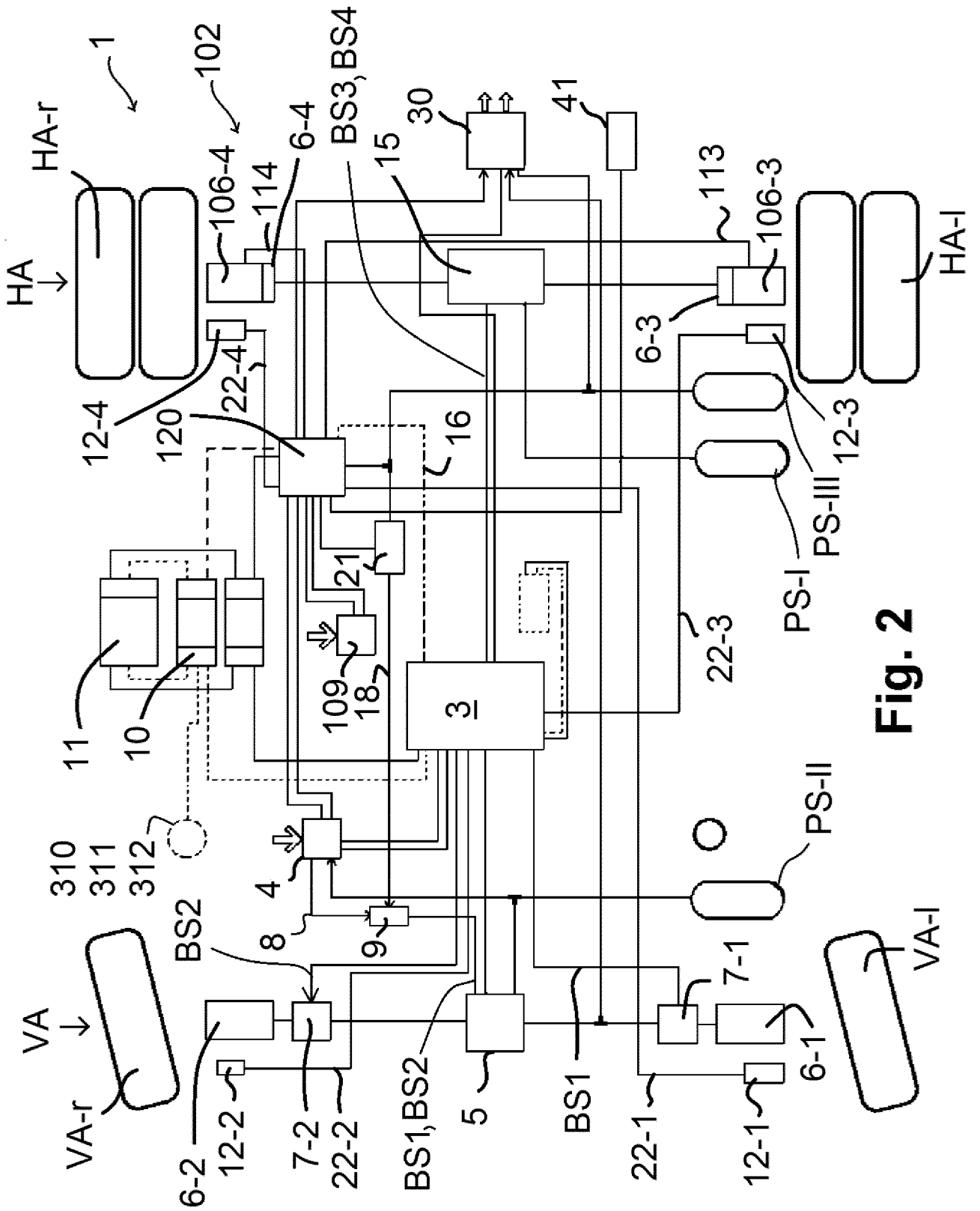


Fig. 2

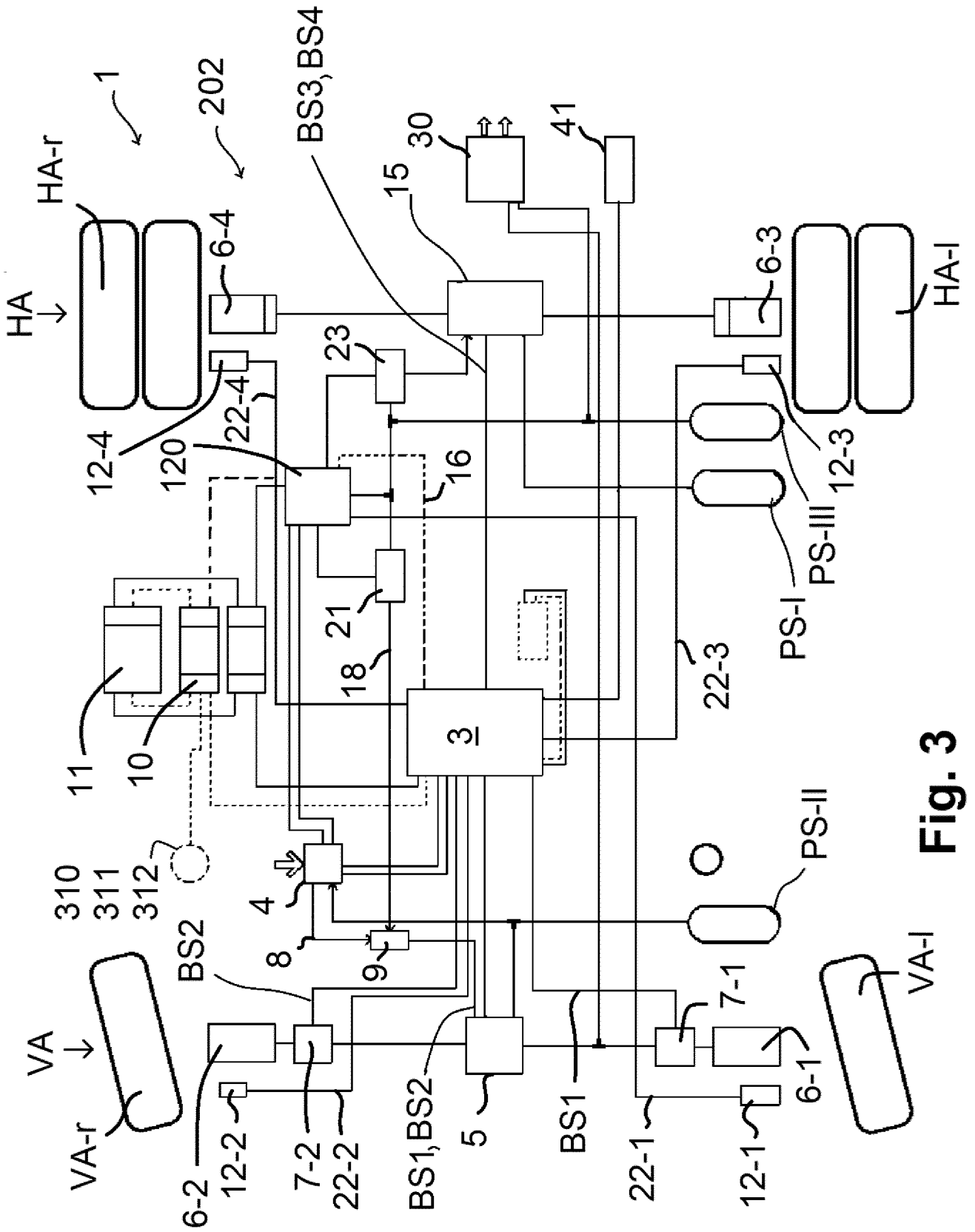


Fig. 3

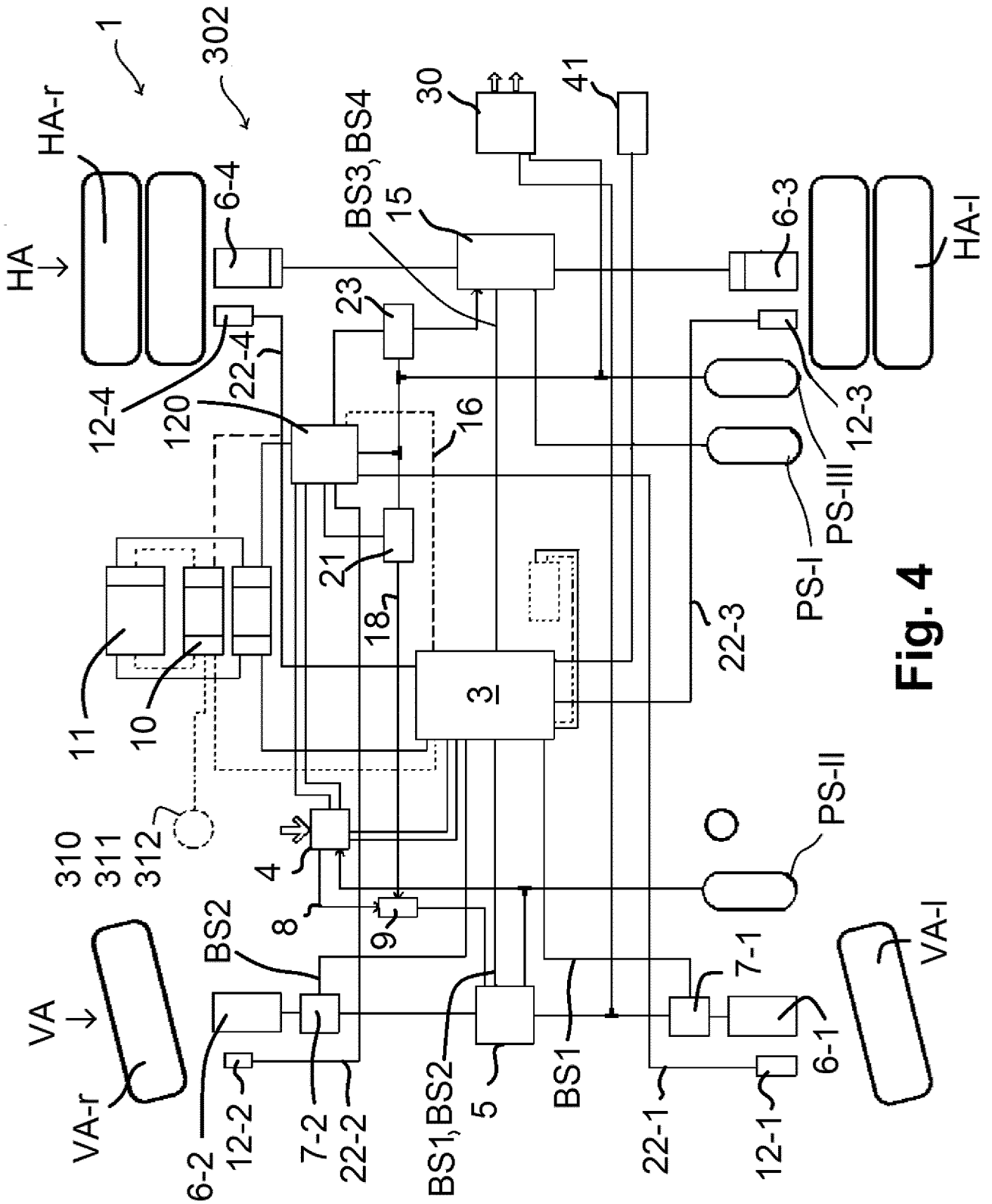


Fig. 4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2020/055663**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B60T 8/32</i> (2006.01)i; <i>B60T 8/88</i> (2006.01)i; <i>B60T 8/94</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 2019054909 A1 (SHAH ANKIT R [US] ET AL) 21 February 2019 (2019-02-21) abstract; claim 1; figure 1 paragraph [0002]	1-3,8-18 4-7,19
Y A	EP 2942249 A1 (WABCO GMBH [DE]) 11 November 2015 (2015-11-11) abstract; figure 1 paragraphs [0005], [0040]	4-7,19 1-3,8-18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>08 April 2020</b>		Date of mailing of the international search report <b>28 April 2020</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Gaillard, Alain</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/EP2020/055663</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2019054909	A1	21 February 2019	CN	110914120	A	24 March 2020
				KR	20200038478	A	13 April 2020
				US	2019054909	A1	21 February 2019
				WO	2019034431	A1	21 February 2019
-----							
EP	2942249	A1	11 November 2015	DE	102014006615	A1	12 November 2015
				EP	2942249	A1	11 November 2015
-----							

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2020/055663

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. B60T8/32      B60T8/88      B60T8/94  
 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.
X	US 2019/054909 A1 (SHAH ANKIT R [US] ET AL) 21. Februar 2019 (2019-02-21)	1-3,8-18
Y	Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 1 Absatz [0002]	4-7,19
Y	-----	
Y	EP 2 942 249 A1 (WABCO GMBH [DE]) 11. November 2015 (2015-11-11)	4-7,19
A	Zusammenfassung; Abbildung 1 Absätze [0005], [0040]	1-3,8-18
	-----	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p>	<p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>
--	---

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
8. April 2020	28/04/2020

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  Gaillard, Alain
--	--

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/055663

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2019054909 A1	21-02-2019	CN 110914120 A	24-03-2020
		US 2019054909 A1	21-02-2019
		WO 2019034431 A1	21-02-2019
-----			
EP 2942249 A1	11-11-2015	DE 102014006615 A1	12-11-2015
		EP 2942249 A1	11-11-2015
-----			