

(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
13. Juli 2017 (13.07.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/118541 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60T 8/88 (2006.01) **B60T 17/22** (2006.01)
B60T 8/36 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/080719

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Dezember 2016 (13.12.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 200 118.3
8. Januar 2016 (08.01.2016) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG
[DE/DE]; Guerickestr. 7, 60488 Frankfurt (DE).

(72) Erfinder: HANKE, Joachim; Niederhöchstädterstr. 20,
61449 Steinbach/Ts. (DE). REIS, Andreas; Carl-Barnas-
Straße 1, 61169 Friedberg (DE). WIENS, Eduard;
Essershäuser Weg 12, 35796 Edelsberg (DE). KÜHN,
Alexander; Kinzigstr. 35, 64625 Bensheim (DE).
SCHMITZ, Axel; Georg-Büchner-Str. 7, 65760 Eschborn

(DE). NEDERSTIGT, Johannes; Grüner Weg 1a, 64331
Weiterstadt (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, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE OPENING CURRENT OF AN ANALOGUE-ACTUATED VALVE AND
PRESSURE REGULATING DEVICE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DES ÖFFNUNGSTROMES EINES ANALOG ANGESTEUERTEN
VENTILS UND DRUCKREGELVORRICHTUNG

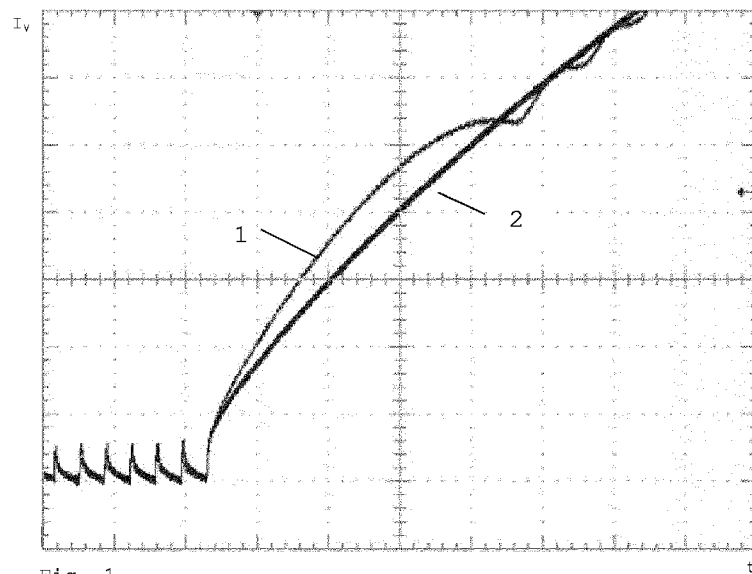


Fig. 1

(57) Abstract: Method for determining an opening or closing current of electromagnetic analogue-actuated valve with a valve coil and a valve plunger in an electronically controlled pressure regulating device, wherein a group of curves of current profiles (1, 2) is measured, wherein there is no pressure difference present at the valve, and wherein each current profile (1, 2) is composed of a dataset of the current (I_v) flowing through the valve coil as a function of the time (t), and in that the opening or closing current is determined by evaluating the group of curves of measured current profiles.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/118541 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **Veröffentlicht:**

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
TG).

Verfahren zur Bestimmung eines Öffnungs- oder Schließstromes eines elektromagnetischen, analog angesteuerten Ventils mit einer Ventilspule und einem Ventilstößel in einer elektronisch gesteuerten Druckregelvorrichtung, wobei eine Kurvenschar von Stromverläufen (1, 2) gemessen wird, wobei an dem Ventil kein Differenzdruck vorherrscht, und wobei jeder Stromverlauf (1, 2) aus einem Datensatz des durch die Ventilspule fließenden Stromes (I_v) als Funktion der Zeit (t) besteht und dass der Öffnungs- oder Schließstrom durch Auswertung der Kurvenschar von gemessenen Stromverläufen bestimmt wird.

Verfahren zur Bestimmung des Öffnungsstromes eines analog angesteuerten Ventils und Druckregelvorrichtung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Öffnungs- oder Schließstromes eines elektromagnetischen, analog angesteuerten Ventils mit einer Ventilschule und einem Ventilstößel in einer elektronisch gesteuerten Druckregelvorrichtung, sowie eine Druckregelvorrichtung, insbesondere einer Bremsdruckregelvorrichtung eines Kraftfahrzeugs, umfassend eine hydraulische Steuereinheit, welche mindestens ein analog angesteuertes Ventil umfasst, sowie eine elektronische Steuervorrichtung, mittels derer eine zum Ventil gehörige Ventilschule angesteuert wird und welche Mittel zur Messung eines durch die Ventilschule fließenden Stromes enthält.

Zum Ausgleich von fertigungsbedingten Toleranzen muss zur Einhaltung der Regelgüte, zum Beispiel bei der Druckstellung in Bremsregelsystemen, eine Kalibrierung der Analog-Ventile vorgenommen werden, um eine Steuerkette wirtschaftlich herstellen zu können.

Aus der DE 10 2006 055 767 A1 ist ein Verfahren zur Ventilkalibrierung in einem Bremsdruckregelsystem bekannt, das auf

einem Druckaufbau durch den Fahrer und Messungen mittels eines Drucksensors beruht.

Aus der EP 1 876 078 A2 ist ein Verfahren (sog. Tappet Position Monitoring , TPM) bekannt, bei dem der Öffnungsstrom ermittelt wird, indem die Induktivität bzw. der magnetische Widerstand des Schaltkreises mittels einer zusätzlich zur Ansteuerspule eingebauten Messspule ermittelt wird und dadurch Rückschlüsse auf die Position des Stößels gezogen werden.

Aus der DE 10 2007 010 514 A1 ist ein Verfahren zur Kalibrierung eines elektromagnetischen Ventils bekannt, bei dem ein an dem Ventil vorherrschender Differenzdruck periodisch moduliert wird und das an der Ventilschule während der Modulation anliegende Signal zur Kalibrierung ausgewertet wird.

Solche Verfahren haben den Nachteil, dass zusätzliche Bauteile (bspw. Messspulen) gebraucht werden und/oder dass eine Betätigung von außen erfolgen muss (z.B. Betätigung eines Bremspedals), so dass sie nicht automatisch durchgeführt werden können. Zudem liefern die bekannten Methoden bei gewissen Ventilausführungen, zum Beispiel stark bedämpften Ventilen, keine verwertbaren Ergebnisse.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Druckregelvorrichtung anzugeben, welches/welche eine Ermittlung eines Öffnungs- oder Schließstromes präzise und weitgehend automatisiert ermöglicht, ohne den Einsatz zusätzlicher Bauteile oder aufwändiger externer Ansteuerung.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1, und einer Druckregelvorrichtung gemäß Anspruch 16 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung beruht auf dem Gedanken, dass anhand einer Kurvenschar von gemessenen Stromverlaufskurven in einer Ventilspule eines elektromagnetischen, analog angesteuerten Ventils, an dem kein Differenzdruck vorherrscht, in einer elektronisch gesteuerten Druckregelvorrichtung Rückschlüsse auf den Öffnungs- oder Schließstromes der Ventilspule gezogen werden und dieser Öffnungs- bzw. Schließstrom somit bestimmt wird.

Vorteilhafterweise erfolgt die Ermittlung des Öffnungs- oder Schließstromes ohne Anlegen eines hydraulischen Druckes.

Erfindungsgemäß enthält die Druckregelvorrichtung eine hydraulische Steuereinheit, welche mindestens das Ventil umfasst, für das die Bestimmung des Öffnungs- oder Schließstromes durchgeführt werden soll, sowie eine elektronische Steuervorrichtung, mittels derer eine zum Ventil gehörige Ventilspule angesteuert wird. Die elektronische Steuervorrichtung enthält Mittel zur Messung eines durch die Ventilspule fließenden Stromes.

Bevorzugt handelt es sich bei der Druckregelvorrichtung um eine Bremsdruckregelvorrichtung in einem Kraftfahrzeug.

Es ist wohlbekannt, dass wenn an einer Spule eine erste Spannung anliegt, wodurch ein erster Strom durch die Spule fließt und anschließend die Spannung auf einen zweiten, höheren, Wert erhöht wird, der Strom durch die Selbstinduktivität der Spule kontinuierlich mit der Zeit bis auf einen zweiten Stromwert ansteigt. Der Verlauf ist charakteristisch für die Induktivität der Spule. Ein entsprechender abfallender Verlauf wird bei einem niedrigeren zweiten Spannungswert beobachtet.

Handelt es sich bei der Spule um eine Ventilspule, durch deren Magnetfeld ein Ventilstößel bewegt wird, so hat die Position des Stößels einen Einfluss auf die Induktivität der Spule. Wie nunmehr erkannt wurde, kann dieser Effekt dazu verwendet werden, aus zeitlichen Stromverläufen an der Spule, die durch einen Übergang von einer ersten angelegten Spannung auf eine zweite angelegte Spannung verursacht werden, die Stromwerte zu bestimmen, bei denen der Stößel offen bzw. geschlossen ist.

Vorzugsweise wird so verfahren, dass unterschiedliche Strom-Anfangswerte für jeden der Mehrzahl von Stromverläufen eingestellt werden. Vorteilhafterweise wird eine Mehrzahl an Strom-Anfangswerten vorgegeben und für jeden Strom-Anfangswert ein zeitlicher Stromverlauf gemessen.

Vorzugsweise wird zu Beginn der Messung eines jeden Stromverlaufs eine erste Spannung an die Ventilspule angelegt und abgewartet, bis sich ein näherungsweise konstanter erster Stromwert als Strom-Anfangswert eingestellt hat.

Nachdem sich der erste Stromwert als Strom-Anfangswert stabilisiert hat, wird vorzugsweise ein Stromverlauf gemessen, indem eine zweite Spannung angelegt wird und zu festgelegten Zeitpunkten nach Anlegen der zweiten Spannung der Strom, welcher durch die Spule fließt, gemessen wird.

Bevorzugt wird der Strom gemessen, bis sich ein zweiter näherungsweise konstanter Stromwert eingestellt hat.

Die Strom-Messwerte ergeben einen Datensatz, welcher den zeitlichen Stromverlauf repräsentiert. Das Vorgehen wird für jeden vorgegebenen Strom-Anfangswert wiederholt, so dass sich eine Kurvenschar von Stromverläufen mit verschiedenen Strom-Anfangswerten ergibt.

Vorteilhafterweise wird für jeden Stromverlauf derselbe Wert für die zweite Spannung verwendet.

Wie nunmehr erkannt wurde, so hängt die Form des Stromverlaufs maßgeblich davon ab, in welcher Position sich der Stößel zu Anfang des Stromverlaufs befindet und ob sich der Stößel während der Messung des Stromverlaufs bewegt. Insbesondere führen die Bewegung des Stößels und gegebenenfalls beobachtete Nachschwingeffekte und/oder Anstoßeffekte zu einem charakteristischen Verlauf.

Bevorzugt wird für jeden Stromverlauf aus dem Datensatz des Stromverlaufs ein Rückschluss auf die Position des Stößels zu Anfang des Stromverlaufs gezogen und daraus bestimmt, ob der Strom-Anfangswert zu einer geöffneten oder geschlossenen Position des Stößels korrespondiert. Jedem Strom-Anfangswert

wird die ermittelte Position des Stößels zu Anfang des zugehörigen Stromverlaufs zugeordnet.

Es wird bevorzugt derjenige Stromwert identifiziert, bei dem der Ventilstößel seine Position ändert, der sogenannte Öffnungsstrom bzw. Schließstrom. Der Öffnungsstrom ist für stromlos offene Ventile als der Stromwert definiert, der gerade ausreicht, um das Ventil geschlossen zu halten. Eine entsprechende Definition gilt für den Schließstrom bei stromlos geschlossenen Ventilen.

Vorzugsweise wird der kleinste Strom-Anfangswert, dessen zugeordnete Position nicht der stromlosen Position des Ventilstößels entspricht, aus den Strom-Anfangswerten der gemessenen Stromverläufe ausgewählt. Aus diesem ausgewählten Strom-Anfangswert wird der Öffnungs- oder Schließstrom des Ventils bestimmt. Bevorzugt entspricht der bestimmte Öffnungs- oder Schließstrom dem ausgewählten Strom-Anfangswert.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Position des Stößels zu Anfang des Stromverlaufs mittels eines Vergleichs des Stromverlaufs mit einer vorgegebenen Referenzkurve bestimmt.

Bevorzugt wird aus jedem gemessenen Stromverlauf mittels geeigneter Berechnungsverfahren ein charakteristischer Wert ermittelt. Die charakteristischen Werte der Stromverläufe für verschiedene Strom-Anfangswerte ergeben einen Werteverlauf, anhand dessen es möglich ist, den Öffnungs- oder Schließstrom des Ventils zu bestimmen. Nachfolgend werden

zwei Varianten zur Bestimmung charakteristischer Werte aus den Stromverläufen erläutert.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der charakteristische Wert jedes Stromverlaufs zu Anfang des Stromverlaufs mittels eines Vergleichs des Stromverlaufs mit einer vorgegebenen Referenzkurve bestimmt.

Besonders bevorzugt wird die Referenzkurve ermittelt, indem ein erster Stromverlauf mit einem ersten Strom-Anfangswert gemessen wird und daraus eine Referenzkurve generiert wird. Vorteilhafterweise wird der erste Strom-Anfangswert des ersten Stromverlaufs so gewählt, dass ausgehend von der Konstruktion des Ventils mit großer Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass das Ventil in einem Zustand ist, der nicht dem stromlosen Zustand entspricht, d.h. geschlossen im Falle eines stromlos offenen Ventils, bzw. geöffnet im Falle eines stromlos geschlossenen Ventils. Alternativ wird die Referenzkurve fest vorgegeben und aus einem Speicher gelesen.

Ganz besonders bevorzugt wird die Referenzkurve erzeugt, indem der erste Stromverlauf mit einer analytischen Gleichung angenähert wird. Die Referenzkurve entspricht dann der durch die Gleichung beschriebenen Kurve und wird durch die Parameter der Gleichung beschrieben.

Vorzugsweise wird für jeden Stromverlauf ein Abweichungsmaß zwischen der Referenzkurve und dem Stromverlauf berechnet und als charakteristischer Wert für den Stromverlauf verwendet. Beispielsweise wird der kleinste quadratische Fehler zwischen der Referenzkurve und dem Stromverlauf als Abwei-

chungsmaß verwendet. Die Abweichungsmaße der verschiedenen Stromverläufe ergeben einen Werteverlauf in Abhängigkeit der Anfangswerte der Stromverläufe.

Bevorzugt wird der Öffnungs- oder Schließstrom anhand des Werteverlaufs der Abweichungsmaße bestimmt.

Ganz besonders bevorzugt ist der Öffnungs- oder Schließstrom der kleinste Strom-Anfangswert, für dessen Stromverlauf das berechnete Abweichungsmaß unterhalb eines vorgegebenen Grenzwerts liegt.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Position des Stößels zu Anfang des Stromverlaufs mittels der Auswertung eines Stromwertes zu einem festgelegten Zeitpunkt nach Beginn des Stromverlaufs bestimmt (charakteristischer Stromwert). Besonders bevorzugt wird der charakteristische Stromwert mit einem Referenzwert verglichen und aus der Differenz zwischen den zwei Werten wird der charakteristische Wert des Stromverlaufs bestimmt.

Vorzugsweise wird ein Werteverlauf der charakteristischen Stromwerte in Abhängigkeit der Strom-Anfangswerte erzeugt und aus dem Werteverlauf der Öffnungs- oder Schließstrom bestimmt.

Besonders bevorzugt ist der Zeitpunkt, zu dem der charakteristische Stromwert ermittelt wird, von der Größenordnung einer Millisekunde.

Bevorzugt wird der durch dieses Verfahren ermittelte Öffnungs- oder Schließstromwert in geeigneter Weise zur Berechnung der Kennlinie des Ventils verwendet.

Bevorzugt ist das Ventil ein stromlos offenes Ventil und der Stromverlauf ist eine Stromanstiegskurve.

Besonders bevorzugt ist das Ventil ein Trennventil oder ein Einlassventil eines elektronisch gesteuerten Bremskreises, welches in einer hydraulischen Verbindung zwischen einem Hauptzylinder und einer Radbremse angeordnet ist.

Vorteilhafterweise wird das Verfahren am Ende der Produktionskette der Druckregelvorrichtung durchgeführt. Ebenso kann das Verfahren durchgeführt werden, wenn eine Druckregelvorrichtung in ihrem Einsatzort, insbesondere als Bremsdruckregelvorrichtung in einem Kraftfahrzeug, ausgetauscht wird.

Das Verfahren wird bevorzugt durch eine Ansteuerung durch ein mit der Druckregelvorrichtung verbundenen Diagnosegerät ausgelöst. Anschließend wird das Verfahren bevorzugt ohne weitere äußere Ansteuerung von dem Steuergerät der Druckregelvorrichtung durchgeführt.

Der ermittelte Wert des Öffnungs- oder Schließstromes wird vorteilhafterweise abgespeichert.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird ein erwarteter Wertebereich für den Öffnungs- oder Schließstrom vorgegeben. Der Wertebereich wird anhand der Konstruktionseigenschaften des Ventils und Anforderungen an das Ventil

vorgegeben. Liegt ein ermittelter Öffnungs- oder Schließstrom außerhalb dieses Erwartungsbereichs, so wird bei Verdacht auf fehlerhafte Messung das Verfahren wiederholt und/oder das Ventil als ungeeignet für den Gebrauch aussortiert.

Weiter betrifft die Erfindung eine Druckregelvorrichtung, insbesondere einer Bremsdruckregelvorrichtung eines Kraftfahrzeugs, umfassend eine hydraulische Steuereinheit, welche mindestens ein analog angesteuertes Ventil umfasst, sowie eine elektronische Steuervorrichtung, mittels derer eine zum Ventil gehörige Ventilschleuse angesteuert wird und welche Mittel zur Messung eines durch die Ventilschleuse fließenden Stromes enthält, wobei in dieser ein Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche zur Bestimmung des Öffnungs- oder Schließstromes des Ventils durchgeführt wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand dreier Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen in stark schematisierter Darstellung:

Fig. 1: zwei beispielhafte zeitliche Stromverläufe,

Fig. 2: einen beispielhaften Werteverlauf ausgewerteter Stromanstiegskurven,

Fig. 3: einen beispielhaften zeitlichen Stromverlauf, geeignet zur Auswertung zu vorgegebenen Zeitpunkten.

In Figur 1 sind zwei beispielhafte zeitliche Stromverläufe dargestellt, ausgewählt aus der Mehrzahl an Stromverläufen, aus denen sich beispielsweise gemäß der Öffnungsstrom eines Ventils bestimmen lässt. Das Beispiel zeigt ansteigende Stromverläufe 1, 2 für ein stromlos offenes analog angesteuertes Ventil. Dabei ist auf der x-Achse die Zeit t aufgetragen,

während auf der y-Achse der gemessene, durch die Ventilspule fließende Strom I_V aufgetragen ist. Die dargestellten Verläufe repräsentieren Stromverläufe mit unterschiedlichen Strom-Anfangswerten, sind jedoch für Darstellungs- und Vergleichszwecke gegenüber den gemessenen Rohdaten so verschoben, dass die Strom-Anfangswerte genau aufeinander liegen.

Verlauf 2 zeigt hierbei einen typischen beispielegemäßen Stromverlauf für den Fall, dass das Ventil zu Anfang des Stromverlaufes geschlossen war. Der Anstieg des Stromes erzeugt daher keine Bewegung des Ventilstößels, so dass der Verlauf alleine durch die Induktivität der Ventilspule mit geschlossenem Stößel bestimmt wird. Dadurch wird der relativ glatte, monoton steigende Verlauf bedingt.

Verlauf 1 zeigt hingegen einen typischen beispielegemäßen Stromverlauf für den Fall, dass das Ventil zu Anfang offen war und während der Messung des Stromverlaufs schließt. Der Stromverlauf 1 hat eine von Verlauf 2 deutlich verschiedene charakteristische Form, die im gezeigten Beispiel nicht monoton steigend ist. Der Verlauf zu Anfang ist steiler und es sind mehrere Schwingungen im Verlauf sichtbar. Dies ist zum einen bedingt durch die unterschiedliche Induktivität der Ventilspule je nach Position des Ventilstößels, zum anderen durch Schwingungsphänomene, die bei einer Bewegung des Ventilstößels auftreten.

Beispielegemäß wird eine Referenzkurve generiert, indem ein erster Stromverlauf gemessen wird mit einem ersten Strom-Anfangswert. Der erste Strom-Anfangswert wird so gewählt, dass ausgehend von den konstruktiven Charakteristiken des

Ventils davon auszugehen ist, dass durch Anlegen des ersten Strom-Anfangswertes das Ventil geschlossen ist.

Beispielsgemäß wird der Verlauf mit einer analytischen Gleichung angenähert, zum Beispiel mit einem Polynom zweiter oder dritter Ordnung. Durch ein solches Polynom kann der Verlauf ausreichend genau angenähert werden. Die bestimmten Parameter der analytischen Gleichung werden abgespeichert. Die Verwendung einer analytischen Gleichung hat den Vorteil, dass Speicherplatz gespart wird und die Berechnung beschleunigt wird.

Anschließend wird eine Mehrzahl weiterer Stromverläufe gemessen. Dabei wird zu Anfang jedes Stromverlaufs ein unterschiedlicher Strom-Anfangswert I_A eingestellt. Die verwendeten Strom-Anfangswerte sind vorgegeben. Nach Einstellen des jeweiligen Strom-Anfangswerts wird eine höhere Spannung angelegt, so dass der durch die Ventilschule fließende Strom sich ändert. Zu vorgegebenen Zeitpunkten werden Messwerte des durch die Ventilschule fließenden Stromes gemessen. Die Messwerte ergeben einen Datensatz eines zeitlichen Stromverlaufs. Der Strom wird anschließend auf den nächsten Strom-Anfangswert abgesenkt, so dass ein weiterer Verlauf gemessen werden kann. Die gemessenen Stromverläufe stellen eine Kurvenschar von Stromverläufen mit unterschiedlichen Strom-Anfangswerten dar.

Die gemessenen Stromverläufe werden nun in einer bevorzugten Ausführungsform jeweils mit der Referenzkurve verglichen.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird dies durchgeführt, indem jeweils ein Abweichungsmaß χ zwischen der Referenzkurve und jedem gemessenen Stromverlauf bestimmt wird. Als Abweichungsmaß χ kann zum Beispiel der kleinste quadratische Fehler verwendet werden.

In Figur 2 ist als Werteverlauf das Ergebnis der Berechnung des Abweichungsmaßes χ (in diesem Ausführungsbeispiel der kleinste quadratische Fehler) zwischen der Referenzkurve und Stromverlaufskurven mit verschiedenen Strom-Anfangswerten I_A dargestellt.

Auf der x-Achse ist dabei der jeweilige Strom-Anfangswert I_A aufgetragen und auf der y-Achse das berechnete Abweichungsmaß χ zwischen der Referenzkurve und desjenigen Stromverlaufs, der dem Strom-Anfangswert entspricht. Ein beispielhafter entsprechender Werteverlauf ist graphisch durch den Verlauf 7 dargestellt.

Die Werte werden mittels an sich bekannten Filterverfahren gefiltert, um den Einfluss von Messfehlern zu beseitigen. Ein beispielhafter gefilterter Verlauf des Abweichungsmaßes χ ist als Verlauf 8 dargestellt.

Es ist ersichtlich, dass für Strom-Anfangswerte unterhalb des Öffnungsstromes 9, die einen Stromverlauf aufweisen, der charakteristisch für eine Öffnungsbewegung des Ventilstößels ist, das Abweichungsmaß χ relativ hoch ist. Der Öffnungsstrom kann also dadurch erkannt werden, dass das Abweichungsmaß χ niedrig ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird ein Grenzwert für das Abweichungsmaß festgelegt. Es gilt der kleinste Strom-Anfangswert I_A als Öffnungsstrom, dessen errechnetes Abweichungsmaß χ unterhalb des Grenzwertes ist.

In Figur 3 ist eine beispielhafte Messreihe mit mehreren gemessenen Stromverläufen dargestellt. Dabei ist auf der x-Achse die Zeit t aufgetragen, während auf der y-Achse die Strommesswerte I_V aufgetragen sind. Die Linie 12 stellt den Verlauf des gemessenen Stromes I_V über der Zeit t dar.

Es wird zunächst ein erster Strom-Anfangswert 14 eingestellt. Danach wird die Spannung erhöht, so dass sich ein ansteigender Stromverlauf 101 ergibt, bis der Stromverlauf 101 einen Strom-Endwert 13 erreicht. Anschließend wird der Strom I_V wieder abgesenkt und das Vorgehen mit den weiteren Strom-Anfangswerten 15, 16, 17 und 18 wiederholt. Beispielsgemäß werden somit fünf Stromverläufe 101-105 mit unterschiedlichen Strom-Anfangswerten 14-18 gemessen.

Bezugszeichen 20 und 22 bezeichnen jeweils Zeitpunkte, zu denen je ein Stromverlauf beginnt. Zeitpunkte 21, 23 werden jeweils nach einem festen Zeitintervall nach Beginn eines Stromverlaufs festgelegt. Zu diesen Zeitpunkten wird jeweils ein charakteristischer Stromwert 24, 25 gemessen.

Aus den charakteristischen Stromwerten aller Stromverläufe 101-105 wird ein Verlauf 26 erzeugt. Der Verlauf 26 repräsentiert die charakteristischen Stromwerte in Abhängigkeit der korrespondierenden Strom-Anfangswerte I_A , 14-18 der Stromverläufe 101-105. Aus diesem Verlauf lässt sich der

Öffnungsstrom bestimmen. Wenn die Strom-Anfangswerte I_A , 14-18 zeitlich in steigender Reihenfolge eingestellt wurden, so lässt sich der Verlauf 26 auch als Funktion der Zeit t darstellen und aus der zeitlichen Darstellung auf die Abhängigkeit der charakteristischen Stromwerte von den Strom-Anfangswerten I_A , 14-18 rückschließen. Beispielsgemäß ist der Verlauf 26 dann überall bis auf eine Stelle monoton steigend. Der letzte eingestellte Strom-Anfangswert 16 vor der nicht-monoton-steigenden Stelle wird beispielsweise als Öffnungsstrom erkannt.

Der ermittelte Öffnungsstrom kann nunmehr abgespeichert werden und als Kennwert des verbauten Ventils verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Öffnungs- oder Schließstromes eines elektromagnetischen, analog angesteuerten Ventils mit einer Ventilschule und einem Ventilstößel in einer elektronisch gesteuerten Druckregelvorrichtung, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Kurvenschar von Stromverläufen (1, 2, 101-105) gemessen wird, wobei an dem Ventil kein Differenzdruck vorherrscht, und wobei jeder Stromverlauf (1, 2, 101-105) aus einem Datensatz des durch die Ventilschule fließenden Stromes (I_V) als Funktion der Zeit (t) besteht und dass der Öffnungs- oder Schließstrom durch Auswertung der Kurvenschar von gemessenen Stromverläufen bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass jeder Stromverlauf (1, 2, 101-105) gemessen wird, indem ein erster vorgegebener Spannungswert an die Ventilschule angelegt wird, wodurch sich ein Strom-Anfangswert (I_A , 14, 15, 16, 17, 18) einstellt, anschließend ein zweiter Spannungswert angelegt wird und ab dem Anlegen des zweiten Spannungswertes Strommesswerte (I_V) zu vorgegebenen Zeitpunkten gemessen werden und die Strommesswerte (I_V) den Datensatz ergeben, der den Stromverlauf (1, 2, 101-105) repräsentiert.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass ein unterschiedlicher Strom-Anfangswert (I_A , 14, 15, 16, 17, 18) für jeden Stromverlauf (1, 2, 101-105) in der Kurvenschar von Stromverläufen zu Beginn des jeweiligen Stromverlaufs auf die Ventilschule aufgeprägt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass für jeden Stromverlauf (1, 2, 101-105) aus dem Datensatz des Stromverlaufs ein Rückschluss auf die Position des Ventilstößels zu Anfang des Stromverlaufs gezogen wird, und dass jedem Strom-Anfangswert (I_A , 14, 15, 16, 17, 18) die ermittelte Position des Ventilstößels zu Anfang des zugehörigen Stromverlaufs (1, 2, 101-105) zugeordnet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch **gekennzeichnet**, dass der kleinste Strom-Anfangswert (14, 15, 16, 17, 18) bestimmt wird, dessen zugeordnete Position des Ventilstößels nicht der stromlosen Position des Ventilstößels entspricht und daraus der Öffnungsstrom oder Schließstrom des Ventils bestimmt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Position des Stößels zu Anfang eines jeden Stromverlaufs (1, 2, 101-105) mittels eines Vergleichs des Stromverlaufs (1, 2, 101-105) mit einer vorgegebenen Referenzkurve bestimmt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass aus jedem gemessenen Stromverlauf (1, 2, 101-105) jeweils ein charakteristischer Wert ermittelt wird, und die charakteristischen Werte der Stromverläufe (1, 2, 101-105) für die verschiedene Strom-Anfangswerte (I_A , 14, 15, 16, 17, 18) einen Werteverlauf (7, 8, 26) ergeben, anhand dessen der Öffnungsstrom oder Schließstrom des Ventils bestimmt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass der charakteristische Wert eines jeden Stromverlaufs (1, 2, 101-105) mittels eines Vergleichs des Stromverlaufs (1, 2, 101-105) mit einer vorgegebenen Referenzkurve bestimmt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Referenzkurve ermittelt wird, indem ein erster Stromverlauf mit einem ersten Strom-Anfangswert (I_A) gemessen wird und daraus eine Referenzkurve erzeugt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Referenzkurve erzeugt wird, indem der erste Stromverlauf mit einer analytischen Gleichung angenähert wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, dass für jeden Stromverlauf (1, 2, 101-105) ein Abweichungsmaß (χ) zwischen der Referenzkurve und dem Stromverlauf (1, 2, 101-105) berechnet wird, wobei das berechnete Abweichungsmaß (χ) als charakteristischer Wert für den Stromverlauf verwendet wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Öffnungsstrom oder Schließstrom der kleinste Strom-Anfangswert ist, für dessen Stromverlauf (1, 2, 101-105) das berechnete Abweichungsmaß (χ) unterhalb eines vorgegebenen Grenzwerts liegt.
13. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass der charakteristische Wert eines jeden Stromverlaufs

(101-105) mittels der Auswertung eines Stromwertes zu einem festgelegten Zeitpunkt (21, 23) nach Beginn des Stromverlaufs bestimmt wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Ventil ein stromlos offenes Ventil ist und der Stromverlauf (1, 2, 101-105) eine Stromanstiegskurve ist.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass das Ventil ein Trennventil oder ein Einlassventil eines elektronisch gesteuerten Bremskreises ist, welches in einer hydraulischen Verbindung zwischen einem Hauptzylinder und einer Radbremse angeordnet ist.
16. Druckregelvorrichtung, insbesondere einer Bremsdruckregelvorrichtung eines Kraftfahrzeugs, umfassend eine hydraulische Steuereinheit, welche mindestens ein analog angesteuertes Ventil umfasst, sowie eine elektronische Steuervorrichtung, mittels derer eine zum Ventil gehörige Ventilschleife angesteuert wird und welche Mittel zur Messung eines durch die Ventilschleife fließenden Stromes enthält, dadurch **gekennzeichnet**, dass in dieser ein Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche zur Bestimmung des Öffnungs- oder Schließstromes des Ventils durchgeführt wird.

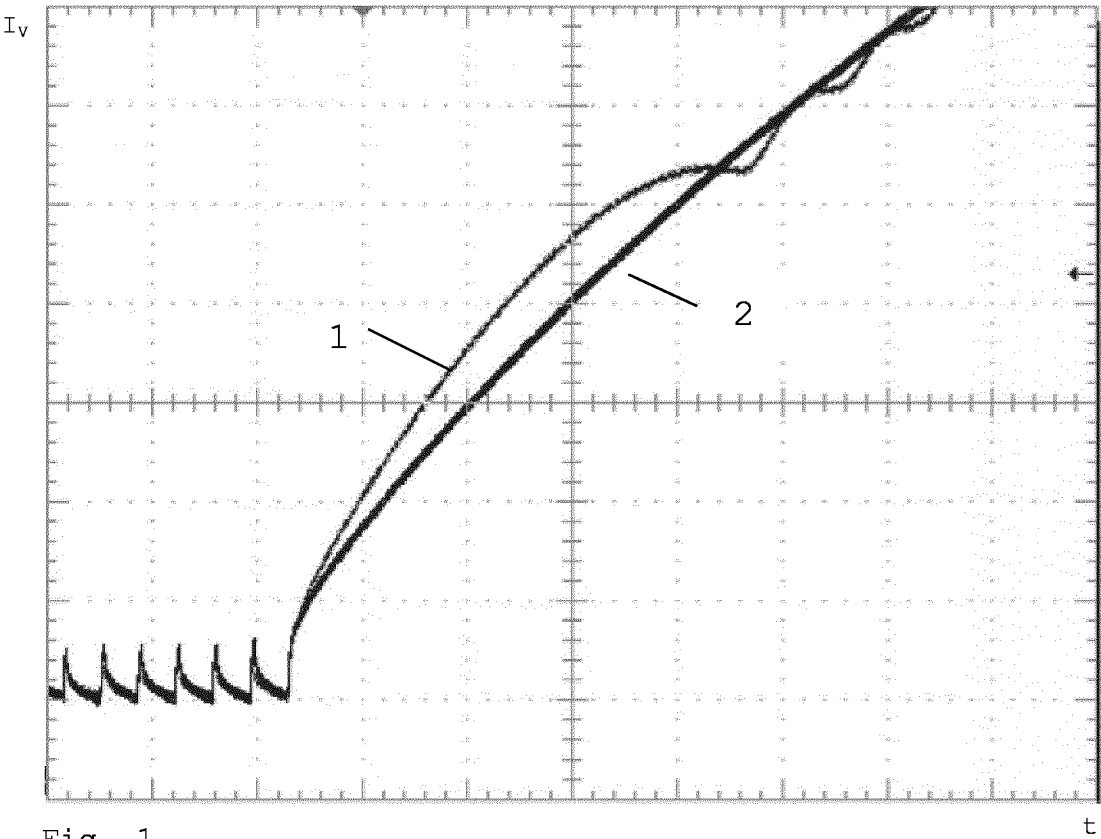


Fig. 1

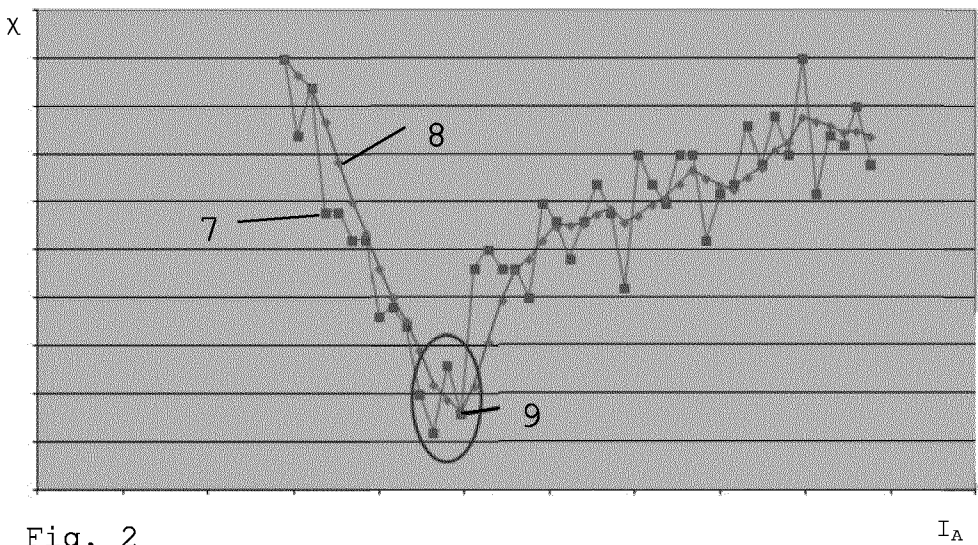


Fig. 2

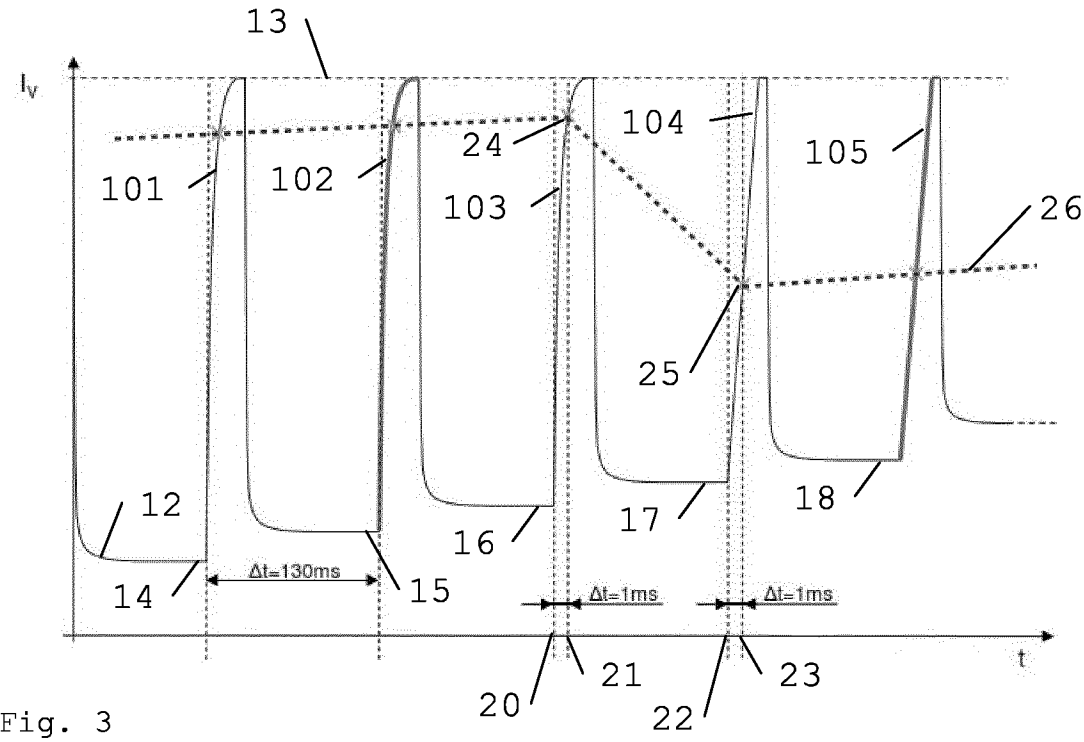


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/080719

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B60T8/88 B60T8/36 B60T17/22
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	DE 10 2005 014097 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 6 April 2006 (2006-04-06) paragraphs [0032], [0033] figures 1,2a,3a -----	1-3,7, 14-16 4-6,8 9-13
X Y	WO 2008/031656 A1 (CONTINENTAL AG [DE]; HEIN DIERK [DE]) 20 March 2008 (2008-03-20) page 11, paragraph 4 - page 12, paragraph 1 page 13, paragraph 4 - page 14, paragraph 3 figures 1,2 ----- -/--	1,2,14, 16 3,4,7,15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 February 2017

Date of mailing of the international search report

02/03/2017

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Colonna, Massimo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/080719

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2013 203589 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 12 September 2013 (2013-09-12)	3,4,7,15
A	paragraphs [0055], [0067] paragraphs [0071], [0072] figures 1,3,4 -----	5,6,8-13
Y	DE 10 2005 041873 A1 (LINDE AG [DE]) 8 March 2007 (2007-03-08) paragraph [0012] -----	4-6,8
A	WO 2004/101339 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]; GRONAU RALPH [DE]; LOOS MIRCO [DE]) 25 November 2004 (2004-11-25) the whole document -----	1,16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/080719

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102005014097 A1	06-04-2006	DE 102005014097 A1 EP 1796945 A1 WO 2006035036 A1	06-04-2006 20-06-2007 06-04-2006
WO 2008031656 A1	20-03-2008	AT 482836 T DE 102006043607 A1 EP 2066508 A1 JP 5121832 B2 JP 2010503573 A KR 20090057124 A US 2009266152 A1 WO 2008031656 A1	15-10-2010 27-03-2008 10-06-2009 16-01-2013 04-02-2010 03-06-2009 29-10-2009 20-03-2008
DE 102013203589 A1	12-09-2013	CN 104144830 A CN 104169142 A DE 102013203589 A1 DE 102013203599 A1 EP 2822825 A1 EP 2822826 A1 JP 2015509460 A KR 20140131390 A KR 20140132761 A US 2015020520 A1 US 2015021978 A1 WO 2013131889 A1 WO 2013131891 A1	12-11-2014 26-11-2014 12-09-2013 12-09-2013 14-01-2015 14-01-2015 30-03-2015 12-11-2014 18-11-2014 22-01-2015 22-01-2015 12-09-2013 12-09-2013
DE 102005041873 A1	08-03-2007	NONE	
WO 2004101339 A1	25-11-2004	CN 1787937 A EP 1625058 A1 JP 4961211 B2 JP 2007511393 A KR 20060019535 A US 2007112537 A1 WO 2004101339 A1	14-06-2006 15-02-2006 27-06-2012 10-05-2007 03-03-2006 17-05-2007 25-11-2004

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B60T8/88 B60T8/36 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.
X	DE 10 2005 014097 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 6. April 2006 (2006-04-06)	1-3,7,14-16
Y	Absätze [0032], [0033]	4-6,8
A	Abbildungen 1,2a,3a	9-13
X	WO 2008/031656 A1 (CONTINENTAL AG [DE]; HEIN DIERK [DE]) 20. März 2008 (2008-03-20)	1,2,14,16
Y	Seite 11, Absatz 4 - Seite 12, Absatz 1 Seite 13, Absatz 4 - Seite 14, Absatz 3 Abbildungen 1,2	3,4,7,15
Y	DE 10 2013 203589 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 12. September 2013 (2013-09-12)	3,4,7,15
A	Absätze [0055], [0067] Absätze [0071], [0072] Abbildungen 1,3,4	5,6,8-13
	----- -/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
10. Februar 2017		02/03/2017
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 Colonna, Massimo

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2005 041873 A1 (LINDE AG [DE]) 8. März 2007 (2007-03-08) Absatz [0012] -----	4-6,8
A	WO 2004/101339 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]; GRONAU RALPH [DE]; LOOS MIRCO [DE]) 25. November 2004 (2004-11-25) das ganze Dokument -----	1,16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/080719

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102005014097 A1	06-04-2006	DE 102005014097 A1	06-04-2006
		EP 1796945 A1	20-06-2007
		WO 2006035036 A1	06-04-2006

WO 2008031656 A1	20-03-2008	AT 482836 T	15-10-2010
		DE 102006043607 A1	27-03-2008
		EP 2066508 A1	10-06-2009
		JP 5121832 B2	16-01-2013
		JP 2010503573 A	04-02-2010
		KR 20090057124 A	03-06-2009
		US 2009266152 A1	29-10-2009
		WO 2008031656 A1	20-03-2008

DE 102013203589 A1	12-09-2013	CN 104144830 A	12-11-2014
		CN 104169142 A	26-11-2014
		DE 102013203589 A1	12-09-2013
		DE 102013203599 A1	12-09-2013
		EP 2822825 A1	14-01-2015
		EP 2822826 A1	14-01-2015
		JP 2015509460 A	30-03-2015
		KR 20140131390 A	12-11-2014
		KR 20140132761 A	18-11-2014
		US 2015020520 A1	22-01-2015
		US 2015021978 A1	22-01-2015
		WO 2013131889 A1	12-09-2013
		WO 2013131891 A1	12-09-2013

DE 102005041873 A1	08-03-2007	KEINE	

WO 2004101339 A1	25-11-2004	CN 1787937 A	14-06-2006
		EP 1625058 A1	15-02-2006
		JP 4961211 B2	27-06-2012
		JP 2007511393 A	10-05-2007
		KR 20060019535 A	03-03-2006
		US 2007112537 A1	17-05-2007
		WO 2004101339 A1	25-11-2004
