

(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
27. Mai 2010 (27.05.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/057556 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 23/00 (2006.01) *F02D 41/30* (2006.01)

(74) Anwalt: BMW AG; Patentabteilung AJ-3, 80788 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/007522

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Oktober 2009 (21.10.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102008057930.0
19. November 2008 (19.11.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): BAYERISCHE MOTOREN WERKE AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Petuelring 130, 80809 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KONTO, Emanuel [DE/DE]; Konradinstrasse 9, 81543 München (DE). HERGER, Matthias [DE/DE]; Weidenweg 2, 82178 Puchheim (DE). ENGELHARDT, Thomas [DE/DE]; Dietersheimerstr.25, 80805 München (DE).

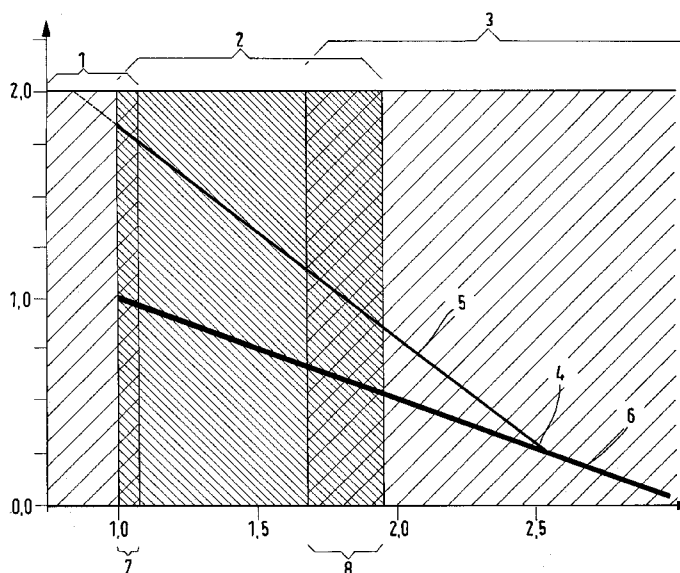
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CONTROL METHOD FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : STEUERUNGSVERFAHREN FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE

FIG.2



(57) Abstract: The invention relates to a control method for an internal combustion engine, having at least one first operating mode and one second operating mode, wherein the first operating mode provides a richer mixture than the second operating mode, and wherein the internal combustion engine changes into the other operating mode at a load threshold, comprising the steps of displacing the load threshold to a higher load if a change from the second operating mode into the first operating mode is imminent, and/or displacing the load threshold to a lower load if a change from the first operating mode into the second operating mode is imminent.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/057556 A1



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Steuerungsverfahren für eine Brennkraftmaschine mit zumindest einer ersten Betriebsart und einer zweiten Betriebsart, wobei die erste Betriebsart ein fetteres Gemisch vorsieht als die zweite Betriebsart, und wobei ab einer Lastschwelle die Brennkraftmaschine in die jeweils andere Betriebsart wechselt, umfassend die Schritte Verschieben der Lastschwelle zu höherer Last, wenn ein Wechsel von der zweiten Betriebsart in die erste Betriebsart bevorsteht, und/oder Verschieben der Lastschwelle zu niedrigerer Last, wenn ein Wechsel von der ersten Betriebsart in die zweite Betriebsart bevorsteht.

Steuerungsverfahren für eine Brennkraftmaschine

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Steuerungsverfahren für eine Brennkraftmaschine mit zumindest einer ersten und einer zweiten Betriebsart.

Aus dem Stand der Technik sind direkteinspritzende Verbrennungsmotoren mit Abgasturboaufladung, die mit einem Luftkraftstoffverhältnis (λ) um 1 betrieben werden, sowie direkteinspritzende Verbrennungsmotoren, die mit $\lambda \gg 1$ betrieben werden, bekannt. Die Verknüpfung aus beiden Konzepten ist ein direkteinspritzender abgasturbo-aufgeladener Motor, der mit $\lambda \gg 1$ betrieben werden kann.

Bei Mager-Motoren (Betrieb mit $\lambda \gg 1$) werden einzelne Betriebsarten durch das gefahrene Lambda unterschieden. Die Betriebsarten grenzen sich durch die Motorlast und die Drehzahl voneinander ab. Zudem gibt es eine Korrektur der Betriebsartgrenzen (Lastschwelle) über die geographische Höhe und/oder zur Vermeidung klopfender Verbrennungen. Eine schematische Unterteilung in drei Betriebsarten (mit überlappenden Bereichen) eines Mager-Motors zeigt Fig. 1. In Fig. 1 ist eine Drehzahl auf der horizontalen Achse und eine Motorlast auf der Orthogonalen aufgetragen. Eine erste Betriebsart 1, auch homogene Betriebsart genannt, umfasst hierbei den größten Drehzahl-Motorlastbereich. Eine zweite Betriebsart 2, auch homogen schichtförmige Betriebsart ($\lambda > 1$) genannt, umfasst einen kleineren Drehzahl-Motorlastbereich als die erste Betriebsart 1. Eine dritte Betriebsart 3, auch schichtförmige Betriebsart ($\lambda \gg 1$) genannt, umfasst einen noch kleineren Drehzahl-Motorlastbereich als die erste Betriebsart 1 und die zweite Betriebsart 2.

Bei mageren Betriebsarten ($\lambda > 1$, $\lambda >> 1$) verschlechtert sich wegen der geringen Abgasenthalpie die Dynamik des Abgasturboladers und damit der Lastaufbau. Beim Magermotor kann es vorkommen, dass z.B. aufgrund von Regenerationsphasen, längere Zeit eine Betriebsart gefahren werden muss, die bezüglich Verbrauch und dynamischem Verhalten Nachteile gegenüber der Standardbetriebsart beinhaltet. Dieses Umschalten in eine andere Betriebsart aufgrund einer Regenerationsphase, beispielsweise eines Katalysators, wird als stationäre Umschaltung bezeichnet.

10 Somit ist es Aufgabe vorliegender Erfindung, ein Steuerungsverfahren für eine Brennkraftmaschine bereitzustellen, welches bei einfacher und kostengünstiger Implementierung die Dynamikeigenschaften der Brennkraftmaschine positiv beeinflusst.

15 Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs. Die Unteransprüche zeigen vorteilhafte Weitergestaltungen der Erfindung auf.

Somit wird die Aufgabe gelöst durch ein Steuerungsverfahren für eine Brennkraftmaschine mit zumindest einer ersten Betriebsart und einer zweiten Betriebsart, wobei die erste Betriebsart ein fetteres Gemisch vorsieht als die zweite Betriebsart, und wobei ab einer Lastschwelle die Brennkraftmaschine in die jeweils andere Betriebsart wechselt. Dabei umfasst das erfindungsgemäße Steuerungsverfahren die folgenden Schritte: Verschieben der Lastschwelle zu höherer Last, bevor ein Wechsel von der zweiten Betriebsart in die erste Betriebsart bevorsteht, und/oder Verschieben der Lastschwelle zu niedrigerer Last, bevor ein Wechsel von der ersten Betriebsart in die zweite Betriebsart bevorsteht. Somit ermöglicht das erfindungsgemäße Steuerungsverfahren ein Verschieben der stationären Betriebsartgrenzen bzw. Lastschwellen zu höherer Last hin. Das Ver-

schieben der Lastschwelle und somit das Verzögern des Wechsels von einer Betriebsart in die andere Betriebsart kann auch durchgeführt werden, wenn der Kraftstoffverbrauch der folgenden Betriebsart in dem jeweiligen Betriebspunkt geringer wäre. Dadurch ist ein entscheidender Dynamikvorteil der Brennkraftmaschine gewährleistet. Ebenso Vorteilhaft ist das Verschieben der Rückschaltswelle bzw. Lastschwelle zu niedrigeren Lasten, abhängig von der gewünschten Lastreduzierung. Damit kann länger in der fetteren Betriebsart gefahren werden und eine Dynamik eines Abgasturboladers kann beispielsweise durch die erhöhte Abgasenthalpie gewährleistet werden.

Ferner vorteilhaft ist, dass das Steuerungsverfahren eine dritte Betriebsart berücksichtigt, welche ein magereres Gemisch als die zweite Betriebsart vorsieht, wobei zwischen der zweiten Betriebsart und der dritten Betriebsart eine weitere Lastschwelle vorgesehen ist. Das erfindungsgemäße Steuerungsverfahren umfasst in dieser vorteilhaften Ausgestaltung ferner die folgenden Schritte: Verschieben der weiteren Lastschwelle zu höherer Last, bevor ein Wechsel von der dritten Betriebsart in die zweite Betriebsart bevorsteht und/oder Verschieben der Lastschwelle zu niedrigerer Last, bevor ein Wechsel von der zweiten Betriebsart in die dritte Betriebsart bevorsteht.

Weiter vorteilhaft ist, dass die erste Betriebsart eine homogene Gemischverteilung vorsieht und die zweite Betriebsart eine homogen-schichtförmige Gemischverteilung vorsieht, und/oder die erste Betriebsart eine homogen-schichtförmige Gemischverteilung vorsieht und die zweite Betriebsart eine schichtförmige Gemischverteilung vorsieht. Ferner vorteilhaft, ist dass die erste Betriebsart eine homogene Gemischverteilung vorsieht und die zweite Betriebsart eine schichtförmige Gemischverteilung vorsieht. Zur Begriffsklärung ist darauf hinzuweisen, dass eine homogene

Gemischverteilung bei ca. $\lambda = 1$, eine homogen-schichtförmige Gemischverteilung bei $\lambda > 1$ und eine schichtförmige Gemischverteilung bei $\lambda \gg 1$ liegt.

- 5 Im Falle der drei Betriebsarten ist es vorteilhaft, dass die erste Betriebsart eine homogene Gemischverteilung vorsieht, die zweite Betriebsart eine homogen-schichtförmige Gemischverteilung vorsieht und die dritte Betriebsart eine schichtförmige Gemischverteilung vorsieht.
- 10 Somit können mit dem erfindungsgemäßen Steuerungsverfahren alle drei Betriebsarten eines direkteinspritzenden aufgeladenen Magermotors gesteuert werden.

- Weiterhin kann das erfindungsgemäße Steuerungsverfahren eine Solllast-
- 15 terfassung für eine Dynamikerkennung und/oder die Betriebsartenumschaltung umfassen.

- Ferner von Vorteil ist, dass bei der Ermittlung der Solllast ein Fahrerwunschemoment mit berücksichtigt wird. Dieses Fahrerwunschemoment wird
- 20 vorteilhafterweise an einem Gaspedal eines Fahrzeugs abgenommen und folglich kann die erforderliche Solllast bzw. das erforderliche Sollmoment für die Brennkraftmaschine ermittelt werden.

- Von Vorteil ist, dass eine bedarfsgerechte Verschiebung der Lastschwelen
- 25 len realisiert wird.

- Ferner von Vorteil ist, dass ein Fahrdynamikverhalten eines Fahrers ermittelt wird und die Verschiebung der Lastschwelle in Abhängigkeit dieses Fahrdynamikverhaltens gesteuert wird. Somit kann beispielsweise anhand
- 30 einer Änderung der Solllast bzw. anhand einer Änderung des Fahrer-

wunschmodentes das Fahrdynamikverhalten des Fahrers ermittelt werden. Bei einem sehr sportlichen Fahrer ist es nun vorteilhaft, die erfindungsgemäße Lastschwellenverschiebung ausgeprägt anzuwenden, um das dynamische Fahrverhalten mit einem schnellen Lastaufbau der Brennkraftmaschine zu unterstützen. Demgegenüber ist es ebenso vorteilhaft, bei identifizierter ruhiger Fahreigenschaft unter Umständen auf die erfindungsgemäße Lastschwellenverschiebung zu verzichten, um die Brennkraftmaschine immer im verbrauchsoptimalen Bereich zu betreiben. Weiter von Vorteil ist, dass die Verschiebung der Lastschwelle über ein Bedienelement aktivierbar und/oder steuerbar ist. Somit kann zusätzlich oder alternativ zur Regulierung der Lastschwellenverschiebung über das Fahrdynamikverhalten das erfindungsgemäße Steuerungsverfahren auch direkt von beispielsweise einem Fahrer beeinflusst werden. Es kann also die erfindungsgemäße Lastschwellenverschiebung ein- und ausschaltbar sein oder ihre Intensität von einem Fahrer geregelt werden. Dazu kann vorteilhafterweise eine Vorrichtung zum aktivieren der sportlichen Eigenschaften des Motors im Fahrzeug vorgesehen werden.

Weiterhin ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass die Verschiebung der Lastschwelle zeitlich begrenzt ist und die Lastschwelle nach Ablauf einer bestimmten Zeit wieder auf einen Basiswert zurückgesetzt wird. Ferner von Vorteil ist, dass die Verschiebung der Lastschwelle maximal bis zu einer definierten Brenngrenzen-Lastschwelle ausgeführt wird. Dadurch wird sichergestellt, dass die Brennkraftmaschine ab einer bestimmten Zeit wieder im verbrauchsoptimalen Bereich betrieben wird. Durch die Begrenzung auf eine bestimmte Brenngrenzenlastschwelle ist sichergestellt, dass die jeweilige Betriebsart nur im Rahmen ihrer physikalischen Möglichkeiten betrieben wird.

In vorteilhafter Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Brennkraftmaschine ein direkteinspritzender Verbrennungsmotor ist, welcher aufgeladen, insbesondere mittels eines Abgasturboaufladers, betrieben wird. Vorteile ergeben sich hier beim Dynamikverhalten der Brennkraftmaschine, da ein
5 Lastaufbau aus mageren Betriebsarten immer schneller ist als ein vergleichsweiser Lastaufbau aus fetten Betriebsarten. Dieser Vorteil wird umso größer, je höher die magerere Betriebsart aufgeladen wird. Des Weiteren ist zu beachten, dass eine lange Aufrechterhaltung hoher Abgastemperaturen bzw. hoher Abgasenthalpien zur Verbesserung des Ansprechverhaltens des Turboladers führt.
10

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Steuerungsverfahrens wird eine fetttere Betriebsart vor einem bevorstehenden Wechsel in eine magerere Betriebsart vorgespannt betrieben. Der vorge-
15 spannte Betrieb bedeutet, dass die Brennkraftmaschine mit einem höheren Ladedruck betrieben wird als zur Erreichung der Soll-Füllung notwendig wäre. Der Grad der Vorspannung kann vorteilhafterweise über einen bestimmten Faktor verändert werden, um Einfluss auf die Verbrauchsverschlechterung aufgrund der Vorspannung nehmen zu können.

20

Weiterhin vorteilhaft ist, dass die erste Betriebsart, in einer Situation wo die erste Betriebsart anstatt einer magereren Betriebsart betrieben wird, vorgespannt betrieben wird. Durch die Vorspannung wird ein entstehender Dynamiknachteil ausgeglichen. Erfindungsgemäß kann der vorgespannte
25 Betrieb z.B. zu Diagnosezwecken und/oder zur Regeneration eines Katalysators und/oder beim Ablaufen von Adaptionfunktionen eingesetzt werden.

Die Erfindung umfasst ferner ein Fahrzeug, insbesondere mit einem di-
30 rekteinspritzenden aufgeladenen Verbrennungsmotor, umfassend ein so-

eben beschriebenes Steuerungsverfahren. Die bereits beschriebenen vorteilhaften Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Steuerungsverfahrens finden selbstverständlich auch in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Fahrzeug vorteilhafte Anwendung.

5

Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der begleitenden Zeichnung genauer erläutert. Dabei zeigt:

- 10 Fig. 1 eine generelle Aufteilung eines direkteinspritzenden aufgeladenen Motors in drei Betriebsarten,
- Fig. 2 eine Aufteilung in drei Betriebsarten des erfindungsgemäßen Steuerungsverfahrens nach dem Ausführungsbeispiel,
- 15 Fig. 3 einen Wechsel zwischen den Betriebsarten in dem erfindungsgemäßen Steuerungsverfahren nach dem Ausführungsbeispiel ohne Verschieben der Lastschwellen,
- Fig. 4 das erfindungsgemäße Verschieben der Lastschwellen im Ausführungsbeispiel, und
- 20 Fig. 5 einen Wechsel zwischen den Betriebsarten nach der Lastschwellenverschiebung in dem erfindungsgemäßen Steuerungsverfahren nach dem Ausführungsbeispiel.

25

Im Folgenden wird nun das Ausführungsbeispiel zu dem erfindungsgemäßen Steuerungsverfahren anhand der Fig. 2 bis 5 genauer erläutert.

30 Jede der Fig. 2 bis 5 zeigt ein Diagramm, wobei auf der horizontalen Achse das Gemischverhältnis λ von $\lambda=0$ bis $\lambda=3$ aufgetragen ist. Auf jeder der

Orthogonalen der Fig. 2 bis 5 ist die Last We von 0 kJ/dm^3 bis 2 kJ/dm^3 aufgetragen.

- Fig. 2 zeigt eine Aufteilung in eine erste Betriebsart 1 mit homogener Gemischverteilung, eine zweite Betriebsart 2 mit homogen-schichtförmiger Gemischverteilung und eine dritte Betriebsart 3 mit schichtförmiger Gemischverteilung. Die erste Betriebsart 1 reicht von $\lambda=0$ bis ca. $\lambda=1,1$. Die zweite Betriebsart 2 erstreckt sich von $\lambda=1$ bis ca. $\lambda=1,9$ und die dritte Betriebsart 3 beginnt bei ca. $\lambda=1,7$ und ist in diesem Ausführungsbeispiel beschränkt auf $\lambda=3$. Somit ergibt sich zwischen der ersten Betriebsart 1 und der zweiten Betriebsart 2 durch Überlappung ein erster Übergangsbereich 7. In ähnlicher Weise ergibt sich zwischen der zweiten Betriebsart 2 und der dritten Betriebsart 3 ein zweiter Übergangsbereich 8.
- Des Weiteren ist in Fig. 2 eine linear verlaufende Umgebungsdruckisobare 6 sowie eine linear verlaufende theoretische Lastgrenze 5 eingezeichnet. Die Umgebungsdruckisobare bezeichnet eine Schwelle auf welcher ein Druck in einem Sammler bzw. Saugrohr einem Umgebungsdruck entspricht. Die Umgebungsdruckisobare 6 und die theoretische Lastgrenze 5 schneiden sich im Schnittpunkt 4 bei $\lambda=2,5$ und $We=0,3$. Die Umgebungsdruckisobare 6 erstreckt sich vom Beginn der zweiten Betriebsart, also von $\lambda=1$, und $We=1$ bis ca. $\lambda=3$ und $We=0$. Die theoretische Lastgrenze 5, welche eine maximal erreichbare Last beim jeweiligen Luft-Kraftstoffverhältnis bezeichnet, beginnt ebenfalls bei der zweiten Betriebsart 2, d.h. bei $\lambda=1$, und $We=1,8$, und endet an dem Schnittpunkt 4.

Diese theoretische Lastgrenze 5 sowie der Abschnitt der Umgebungsdruckisobaren 6 zwischen $\lambda=2,5$ und $\lambda=3$ bezeichnen die physikalische Obergrenze der Last in der zweiten Betriebsart 2 bzw. in der dritten Betriebsart 3. So ist beispielsweise in der schichtförmigen dritten Betriebsart

3 mit der mageren Gemischverteilung $\lambda=2,5$ eine Maximallast von ca. $0,3 \text{ kJ/dm}^3$ möglich.

Im Folgenden wird nun anhand von Fig. 3 ein Wechsel zwischen den Betriebsarten beschrieben. Dabei ist zu beachten, dass in dem Diagramm in Fig. 3 der erfindungsgemäße Lastschwellenwechsel noch nicht dargestellt wird. Fig. 3 zeigt parallele Isobaren 9, welche sich über die zweite Betriebsart 2 und die dritte Betriebsart 3 erstrecken und einen Winkel α zur horizontalen Achse des Diagramms bilden. Des Weiteren zeigt Fig. 3 eine erste Lastschwelle 10 als Horizontale bei etwa $We=0,6$ sowie eine zweite Lastschwelle 11 bei ca. $We=1,3$. Am Beginn der zweiten Betriebsart 2 ist bei $\lambda=1$ und $We=0,6$ ein erster Startpunkt 12 eingezeichnet. Auf der theoretischen Lastgrenze 5 sitzt auf gleicher Höhe wie die erste Lastschwelle 10, also bei $We=0,6$, ein zweiter Startpunkt 13. Des Weiteren ist in Fig. 3, symbolisiert als Quadrat, eine Solllast 14 bei $\lambda=1$ und $We=1,3$ auf Höhe der zweiten Lastschwelle 11 eingezeichnet.

Ein vertikaler Pfeil von dem ersten Startpunkt 12 zur Solllast 14 symbolisiert einen ersten Weg 15. Ein zweiter Weg 16 führt von dem zweiten Startpunkt 13 entlang einer Isobaren 9 und entlang einer vertikalen Grenze zwischen der ersten Betriebsart 1 und der zweiten Betriebsart 2 zur Solllast 14. Dabei unterteilt sich der zweite Weg 16 in einen isobaren Abschnitt des zweiten Weges 16a und einen vertikalen Abschnitt des zweiten Weges 16b. Des Weiteren bezeichnet ein Doppelpfeil, welcher vertikal bei $\lambda=1$ von $We=1$ bis zur Solllast 14 verläuft, ein Turboloch 17. Das Turboloch 17 beschreibt hier den über den Turbolader zu realisierenden Druck im Saugrohr über Umgebungsdruck.

Die Isobaren 9 zeigen einen Weg zur Veränderung des Gemisches bzw. der Last, ohne dabei den Druck im Sammler bzw. Saugrohr der Brenn-

kraftmaschine zu verändern. Hierzu ist zu beachten, dass die Darstellung der Isobaren 9 in Fig. 3 nur repräsentativ ist. So kann natürlich auch eine Gemisch- bzw. Lastveränderung mit konstantem Druck zwischen den dargestellten Isobaren 9 und parallel zu diesen erfolgen. Entlang der Umgebungsdruckisobaren 6 ist der Druck innerhalb des Sammlers bzw. Saugrohrs gleich dem Umgebungsdruck. Das heißt, dass alle Betriebspunkte in der zweiten Betriebsart 2 und der dritten Betriebsart 3, welche oberhalb dieser Umgebungsdruckisobaren 6 liegen, durch beispielsweise einen Turbolader, aufgeladen betrieben werden müssen.

10

In Fig. 3 ist durch den ersten Weg 15 und den zweiten Weg 16 dargestellt, wie man von einem ersten Startpunkt 12 bzw. einem zweiten Startpunkt 13 zur erwünschten Solllast 14 gelangt. Hierbei ist zu beachten, dass der erste Startpunkt 12 sowie der zweite Startpunkt 13 bei derselben Last liegen, jedoch der erste Startpunkt 12 in der ersten Betriebsart 1 betrieben wird und der zweite Startpunkt 13 in der dritten Betriebsart 3 betrieben wird. Entlang des ersten Weges 15 wird eine Drosselklappe des Verbrennungsmotors geöffnet und ab einer Last von $We=1,0$ muss der Turbolader den Druck erhöhen, um zur Solllast 14 zu gelangen. Steuert man demgegenüber den Verbrennungsmotor entlang des zweiten Weges 16, so wird das Gemisch bei konstantem Druck immer fetter, bis der Wert $\lambda=1$ erreicht wird. Die Umschaltung ins Fette kann unmittelbar sprunghaft durch Änderung der Einspritzmenge erfolgen. Ab diesem Punkt befindet man sich in der ersten Betriebsart 1 und erhöht den Ladedruck, um bis zur Solllast 14 zu gelangen. Hierbei ist noch zu beachten, dass bei dieser reinen Laststeigerung entlang des ersten Weges 15 in der ersten Betriebsart 1 ab dem ersten Startpunkt 12 der Turbolader einsetzt. Zu diesem Zeitpunkt entsteht hier ein erheblicher Dynamiknachteil durch das bekannte Turbo-
loch 17.

30

Erfindungsgemäß wurde nun erkannt, dass die Drucksteigerung entlang des vertikalen Abschnitts des zweiten Weges 16b in einer magereren Betriebsart, also beispielsweise in der dritten Betriebsart 3, sehr viel schneller vonstatten geht als in der fetteren Betriebsart, also beispielsweise der homogenen Betriebsart der ersten Betriebsart 1. Deshalb zeigt nun Fig. 4 die erfindungsgemäße Lastschwellenverschiebung, mittels welcher der Verbrennungsmotor länger in der magereren Betriebsart betrieben werden kann, um genau diesen Druckaufbau schnellstmöglich zu gewährleisten.

- Fig. 4 zeigt wiederum die wesentlichen Elemente aus Fig. 3, wobei hier des Weiteren eine dritte Lastschwelle 18 zu sehen ist. Diese dritte Lastschwelle 18 ist parallel zur ersten Lastschwelle 10 und befindet sich bei ca. $We=0,9$. Wie in Fig. 4 durch einen Pfeil 18a dargestellt, stellt diese dritte Lastschwelle 18 die erfindungsgemäße Verschiebung der ersten Lastschwelle 10 dar. Des Weiteren zeigt Fig. 4 eine erste Optimalkurve 19 der zweiten Betriebsart 2 sowie eine zweite Optimalkurve 20 der dritten Betriebsart 3 mit einem Knick 20a.

- Die Optimalkurve 19 zeigt einen Weg, entlang welchem ein Lastaufbau in der zweiten Betriebsart 2 optimal zu steuern ist. Ebenso zeigt die Optimalkurve 20 den Verlauf des optimalen Lastaufbaus in der dritten Betriebsart 3. Aus applikativen Gründen, wie z.B. dem Schutz des Katalysators, knickt die Optimalkurve 20 bei ca. $\lambda=2,5$ mit dem Knick 20a ab.

- Fig. 5 zeigt nun den erfindungsgemäßen Wechsel von der dritten Betriebsart 3 in die erste Betriebsart 1 mit der erfindungsgemäß verschobenen dritten Lastschwelle 18. Hierzu sind zusätzlich in Fig. 5 die folgenden Punkte eingezeichnet: ein erster Vergleichspunkt 22 bei $\lambda=1,5$ und $We=0,9$ auf Höhe der dritten Lastschwelle 18, ein Zwischenpunkt 24 bei $\lambda=1$ und $We=1,2$ sowie ein zweiter Vergleichspunkt 25, ebenfalls auf Höhe

der dritten Lastschwelle 18 bei $\lambda=1$. Ferner zeigt Fig. 5 einen dritten Weg 21 sowie einen vierten Weg 23.

Der dritte Weg 21 teilt sich auf in einen Drucksteigerungsabschnitt 21a und einen isobaren Abschnitt des dritten Weges 21b. Der Drucksteigerungsabschnitt 21a erstreckt sich vom zweiten Startpunkt 13 entlang der Optimalkurve 20 bis zur dritten Lastschwelle 18. Der isobare Abschnitt des dritten Weges 21b verläuft von eben diesem Ende des Drucksteigerungsabschnitts 21a an der dritten Lastschwelle 18 entlang der Isobaren 9 bis zur Sollast 14. Hier ist also gut zu sehen, wie die benötigte Drucksteigerung effektiv in der dritten Betriebsart 3 durchgeführt wird.

Der vierte Weg 23 unterteilt sich in einen isobaren Abschnitt des vierten Weges 23a und einen Vertikalabschnitt des vierten Weges 23b. Der isobare Abschnitt des vierten Weges 23a verläuft vom ersten Vergleichspunkt 22 entlang der Isobaren 9 zum Zwischenpunkt 24. Von diesem Zwischenpunkt 24 verläuft der vertikale Abschnitt des vierten Weges 23b direkt zur Sollast 14.

Somit zeigt Fig. 5, wie die erfindungsgemäße Verschiebung der Lastschwelle auf die dritte Lastschwelle 18 einen ersten Dynamikvorteil 26 gegenüber der zweiten Betriebsart 2 und einen größeren zweiten Dynamikvorteil 27 gegenüber der ersten Betriebsart 1 verwirklicht.

Somit kann, aufgrund der Tatsache, dass ein Lastaufbau aus einer mageren Betriebsart immer schneller ist als ein vergleichsweiser Lastaufbau aus einer fetteren Betriebsart, mit dem erfindungsgemäßen Steuerungsverfahren die Dynamik einer Brennkraftmaschine signifikant verbessert werden. Dieser Vorteil erhöht sich umso mehr, je höher die magerere Betriebsart aufgeladen wird.

Patentansprüche

1. Steuerungsverfahren für eine Brennkraftmaschine mit zumindest einer ersten Betriebsart (1) und einer zweiten Betriebsart (2), wobei die
5 erste Betriebsart (1) ein fetteres Gemisch vorsieht als die zweite Betriebsart (2), und wobei ab einer Lastschwelle die Brennkraftmaschine in die jeweils andere Betriebsart wechselt, umfassend die Schritte:
 - Verschieben der Lastschwelle zu höherer Last, bevor ein Wechsel
10 von der zweiten Betriebsart (2) in die erste Betriebsart (1) bevorsteht, und/oder
 - Verschieben der Lastschwelle zu niedrigerer Last, bevor ein Wechsel von der ersten Betriebsart (1) in die zweite Betriebsart (2) bevorsteht.
- 15 2. Steuerungsverfahren nach Anspruch 1, mit einer dritten Betriebsart (3), welche ein magereres Gemisch als die zweite Betriebsart (2) vorsieht, wobei zwischen der zweiten Betriebsart (2) und der dritten Betriebsart (3) eine weitere Lastschwelle vorgesehen ist, ferner umfassend die Schritte:
 - Verschieben der weiteren Lastschwelle zu höherer Last, bevor ein
20 Wechsel von der dritten Betriebsart (3) in die zweite Betriebsart (2) bevorsteht, und/oder
 - Verschieben der Lastschwelle zu niedrigerer Last, bevor ein
25 Wechsel von der zweiten Betriebsart (2) in die dritte Betriebsart (3) bevorsteht.
- 30 3. Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Betriebsart (1) eine homogene Gemischverteilung vorsieht und die zweite Betriebsart (2) eine homo-

gen-schichtförmige Gemischverteilung vorsieht, und/oder die erste Betriebsart (1) eine homogen-schichtförmige Gemischverteilung vorsieht und die zweite Betriebsart (2) eine schichtförmige Gemischverteilung vorsieht.

5

4. Steuerungsverfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Betriebsart (1) eine homogene Gemischverteilung vorsieht, die zweite Betriebsart (2) eine homogen-schichtförmige Gemischverteilung vorsieht und die dritte Betriebsart (3) eine schichtförmige Gemischverteilung vorsieht.
5. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Solllast (14) ermittelt wird.
6. Steuerungsverfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ermittlung der Solllast (14) ein Fahrerwunschmoment mit berücksichtigt wird.
7. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine bedarfsgerechte Verschiebung der Lastschwellen realisiert wird.
8. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Fahrdynamikverhalten eines Fahrers ermittelt wird und die Verschiebung der Lastschwelle in Abhängigkeit dieses Fahrdynamikverhaltens gesteuert wird.
9. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschiebung der Lastschwelle über ein Bedienelement aktivierbar und/oder steuerbar ist.

10

15

20

25

30

10. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschiebung der Lastschwelle zeitlich begrenzt ist und die Lastschwelle nach Ablauf einer bestimmten Zeit wieder auf einen Basiswert zurückgesetzt wird.
11. Steuerungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine ein direkt einspritzender Verbrennungsmotor ist, welcher aufgeladen, insbesondere mittels eines Abgasturboladers, betrieben wird.
12. Steuerungsverfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine fettere Betriebsart vor einem bevorstehenden Wechsel in eine magerere Betriebsart vorgespannt betrieben wird.
13. Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Betriebsart, in einer Situation wo die erste Betriebsart anstatt einer magereren Betriebsart betrieben wird, vorgespannt betrieben wird.
14. Fahrzeug, insbesondere mit einem direkteinspritzenden aufgeladenem Verbrennungsmotor, umfassend ein Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

1/5

FIG.1

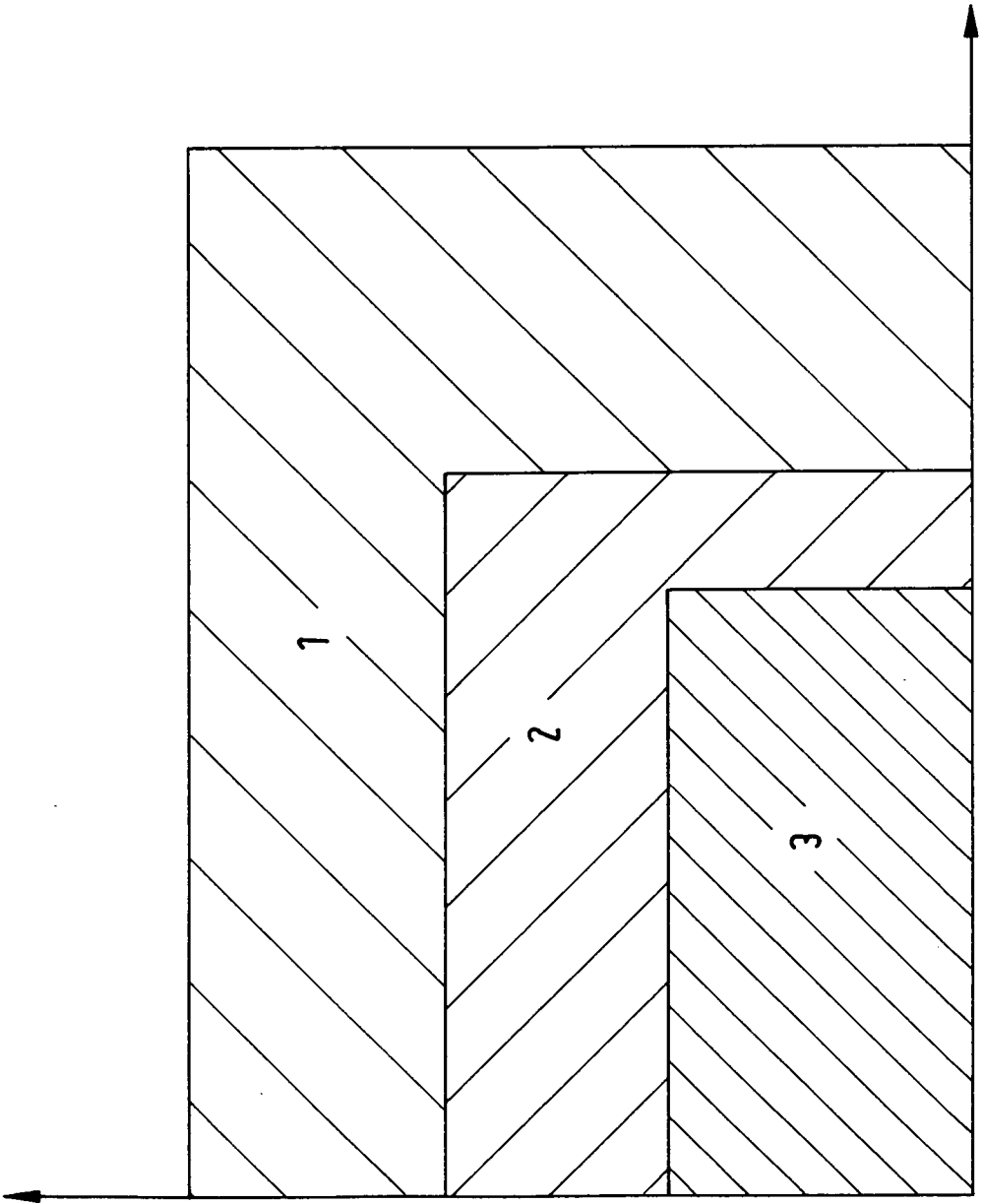
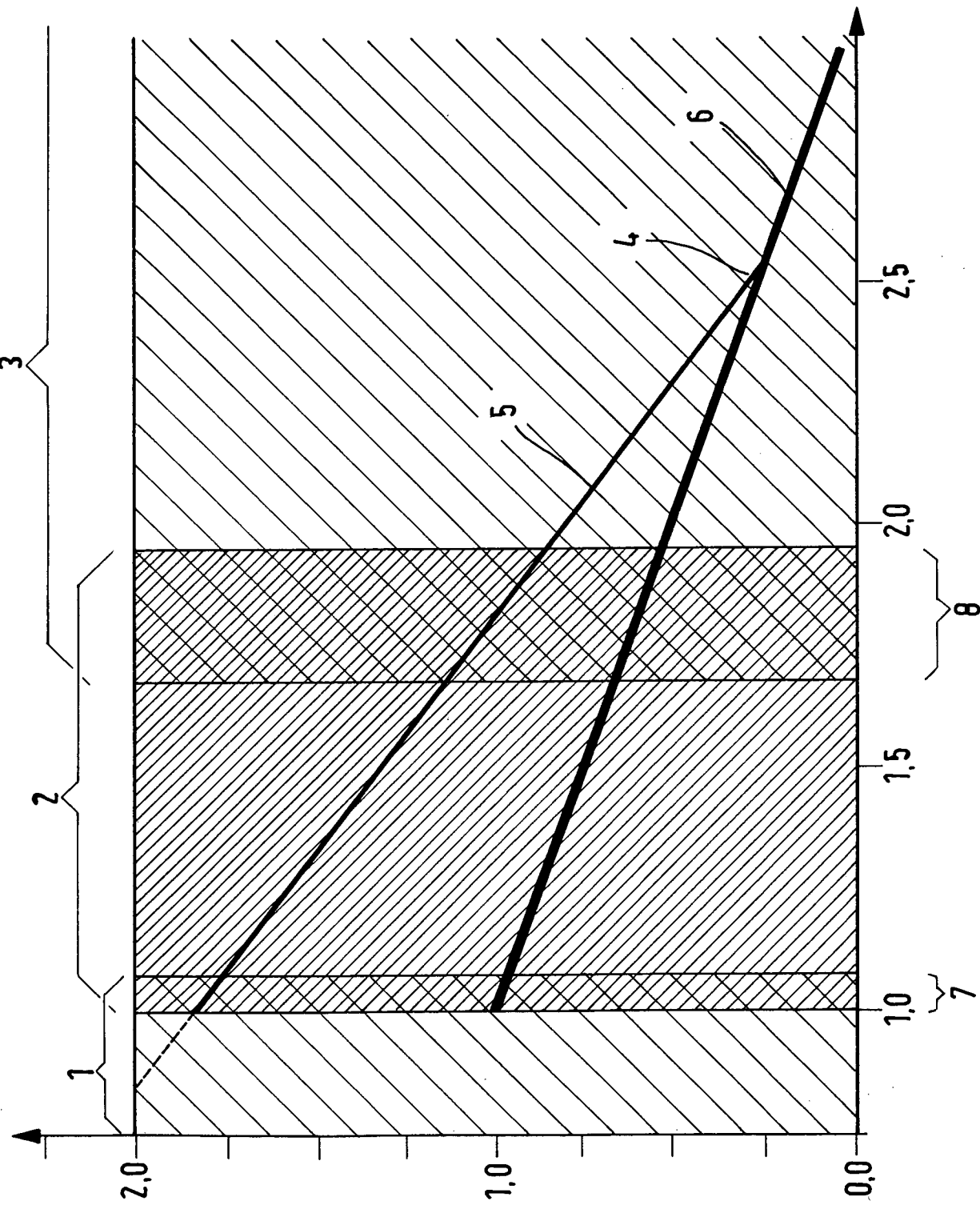


FIG.2



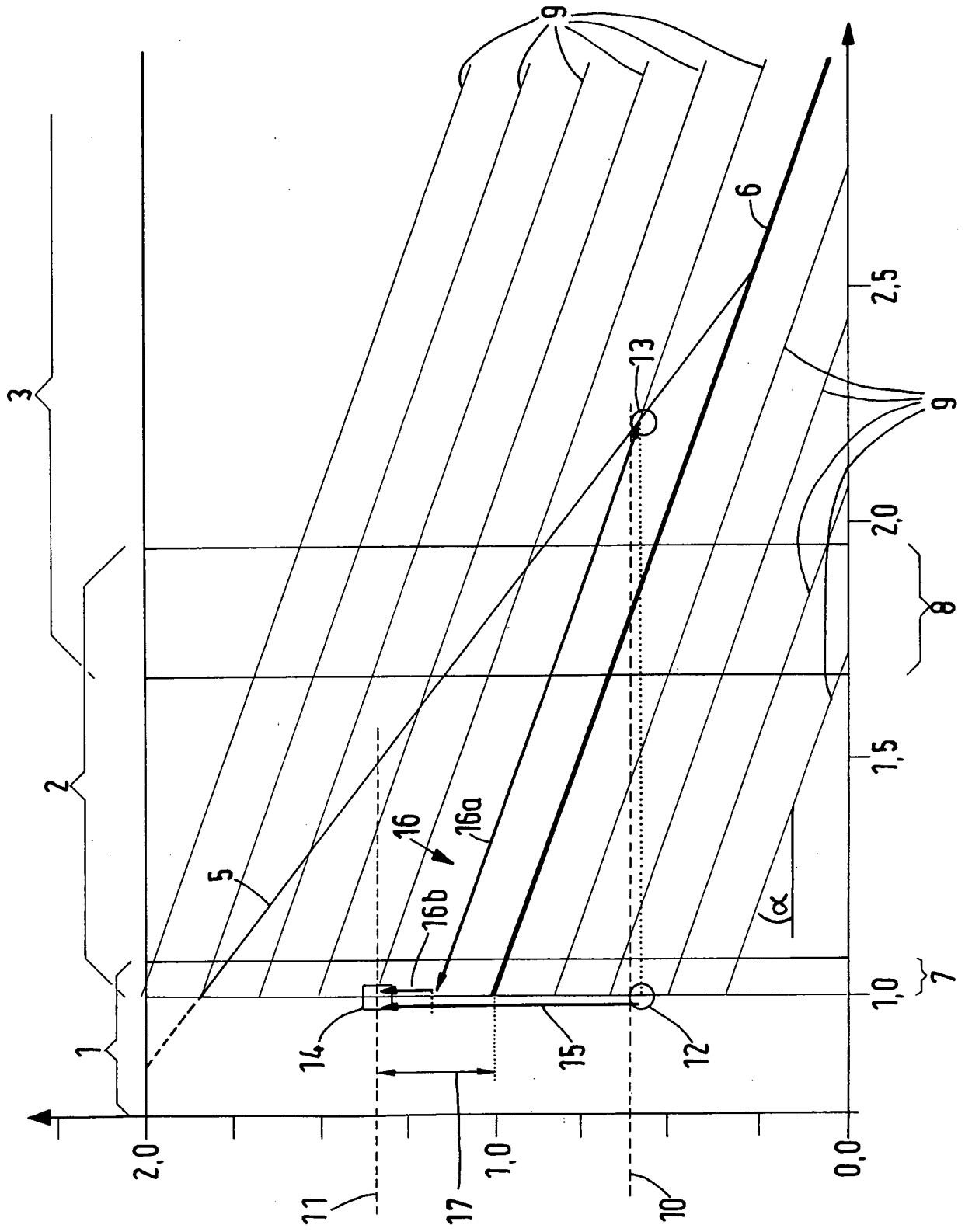
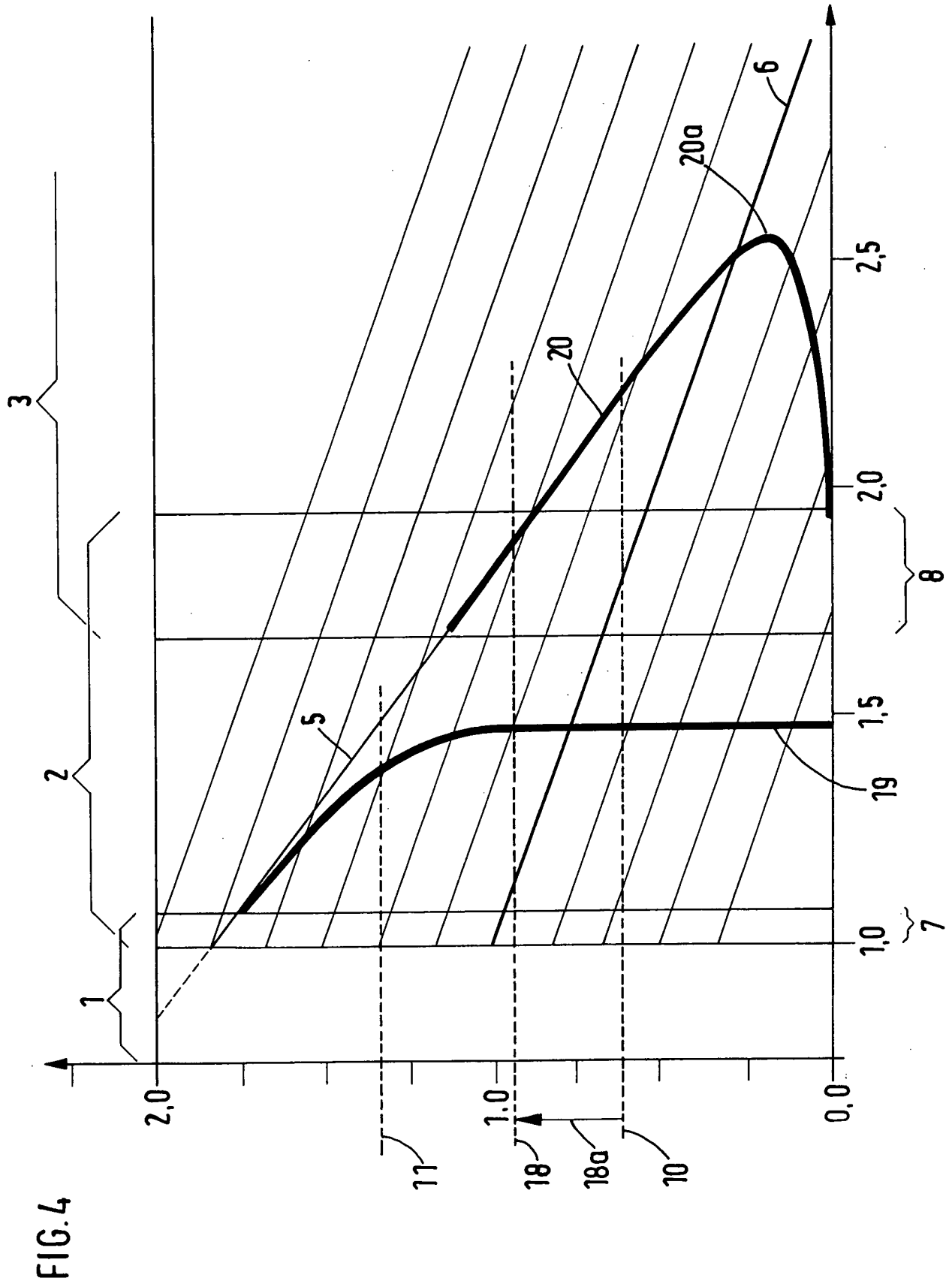
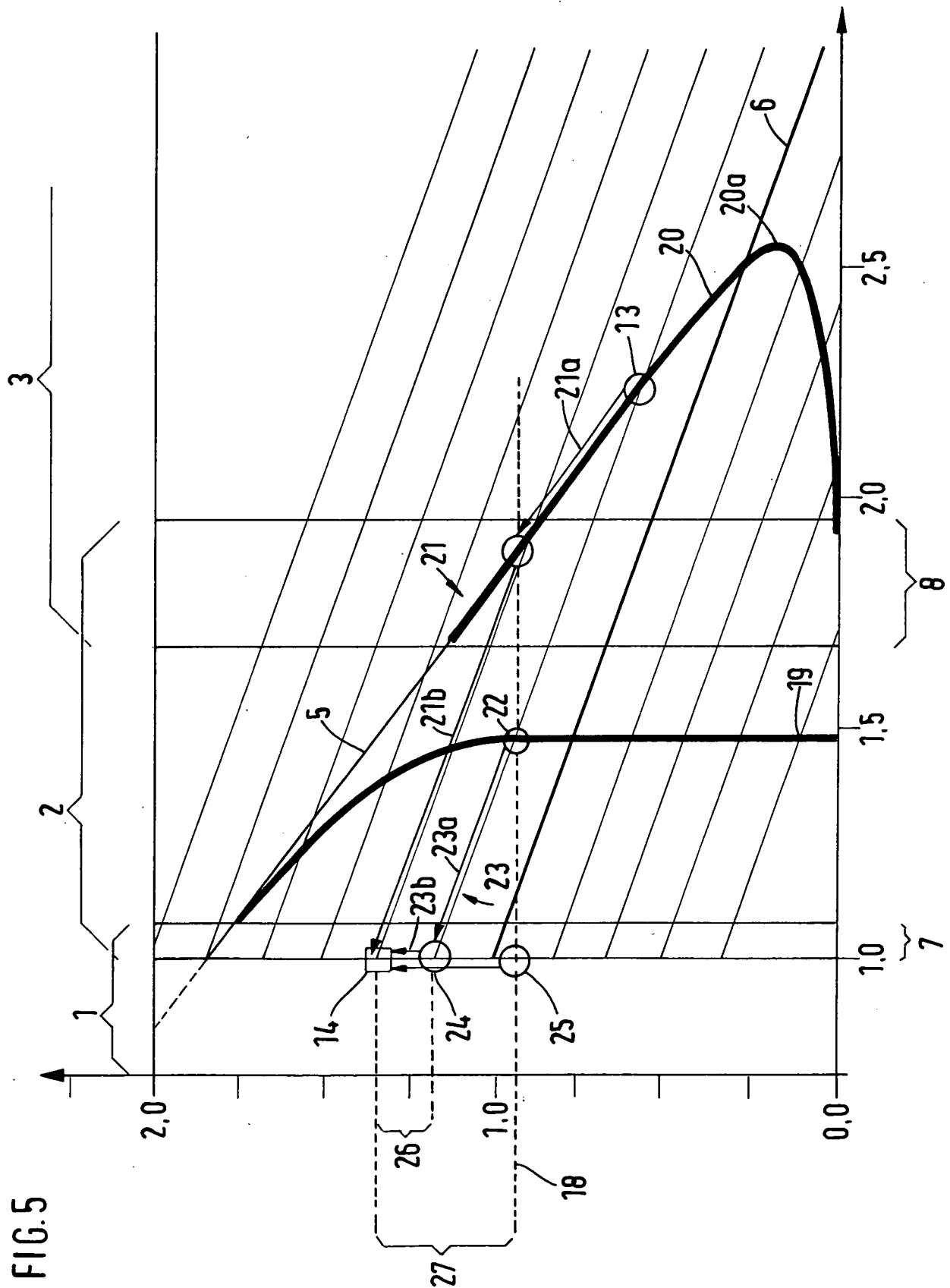


FIG. 3





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/007522

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02D23/00 F02D41/30

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)

F02D

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 practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 199 13 909 A1 (SIEMENS AG [DE]) 5 October 2000 (2000-10-05)	1-9, 14
Y	column 3, line 51 - column 4, line 49 figure 2	11-13
X	----- WO 01/18374 A1 (ORBITAL ENG PTY [AU]; HOUSTON RODNEY ALEXANDER [AU]; YANG KOON CHUNG []) 15 March 2001 (2001-03-15) page 15, line 3 - page 16, line 12 figure 5	1-2, 7, 14
X	----- EP 1 083 322 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 14 March 2001 (2001-03-14) figures 16-18 paragraphs [0125] - [0137] ----- -/--	1, 7, 10, 14

☒ 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 document 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

9 February 2010

Date of mailing of the international search report

15/02/2010

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

Röttger, Klaus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/007522

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2008/056242 A2 (TOYOTA JIDOSHA	11-13
A	KABUSHIKI KAISY [JP]; SOEJIMA SHINICHI [JP]; IRISAWA YA) 15 May 2008 (2008-05-15) figures 11,12 paragraphs [0086] - [0091] -----	14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/007522

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19913909	A1	05-10-2000	FR 2794174 A1	01-12-2000
			GB 2348298 A	27-09-2000
			JP 2000296729 A	24-10-2000
WO 0118374	A1	15-03-2001	EP 1212528 A1	12-06-2002
			JP 2003508677 T	04-03-2003
			US 6941747 B1	13-09-2005
EP 1083322	A2	14-03-2001	DE 60024014 D1	22-12-2005
			DE 60024014 T2	13-07-2006
			JP 3607983 B2	05-01-2005
			JP 2001152914 A	05-06-2001
WO 2008056242	A2	15-05-2008	CN 101535619 A	16-09-2009
			EP 2079914 A2	22-07-2009
			JP 4375387 B2	02-12-2009
			JP 2008121511 A	29-05-2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D23/00 F02D41/30

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F02D

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 199 13 909 A1 (SIEMENS AG [DE]) 5. Oktober 2000 (2000-10-05)	1-9,14
Y	Spalte 3, Zeile 51 - Spalte 4, Zeile 49 Abbildung 2	11-13
X	----- WO 01/18374 A1 (ORBITAL ENG PTY [AU]; HOUSTON RODNEY ALEXANDER [AU]; YANG KOON CHUNG []) 15. März 2001 (2001-03-15) Seite 15, Zeile 3 - Seite 16, Zeile 12 Abbildung 5	1-2,7,14
X	----- EP 1 083 322 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 14. März 2001 (2001-03-14) Abbildungen 16-18 Absätze [0125] - [0137] ----- -/-	1,7,10, 14

☒ 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" älteres Dokument, 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 anderen 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

9. Februar 2010

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

15/02/2010

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

Röttger, Klaus

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 2008/056242 A2 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISY [JP]; SOEJIMA SHINICHI [JP]; IRISAWA YA) 15. Mai 2008 (2008-05-15)	11-13
A	Abbildungen 11,12 Absätze [0086] - [0091] -----	14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/007522

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19913909	A1	05-10-2000	FR 2794174 A1	01-12-2000
			GB 2348298 A	27-09-2000
			JP 2000296729 A	24-10-2000
WO 0118374	A1	15-03-2001	EP 1212528 A1	12-06-2002
			JP 2003508677 T	04-03-2003
			US 6941747 B1	13-09-2005
EP 1083322	A2	14-03-2001	DE 60024014 D1	22-12-2005
			DE 60024014 T2	13-07-2006
			JP 3607983 B2	05-01-2005
			JP 2001152914 A	05-06-2001
WO 2008056242	A2	15-05-2008	CN 101535619 A	16-09-2009
			EP 2079914 A2	22-07-2009
			JP 4375387 B2	02-12-2009
			JP 2008121511 A	29-05-2008