(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
24. August 2017 (24.08.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/139816 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/00 (2006.01) *F02B 37/18* (2006.01)
F02B 37/00 (2006.01) *F02B 41/10* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2017/060022

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Februar 2017 (07.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 50111/2016 19. Februar 2016 (19.02.2016) AT

(71) Anmelder: **AVL LIST GMBH** [AT/AT]; Hans-List-Platz 1, 8020 Graz (AT).

(72) Erfinder: **SEITZ, Hans Felix**; Mariatrosterstrasse 172d, 8044 Graz (AT).

(74) Anwalt: **BABELUK, Michael**; Florianigasse 26/3, 1080 Wien (AT).

(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, 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, 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)*

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

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE

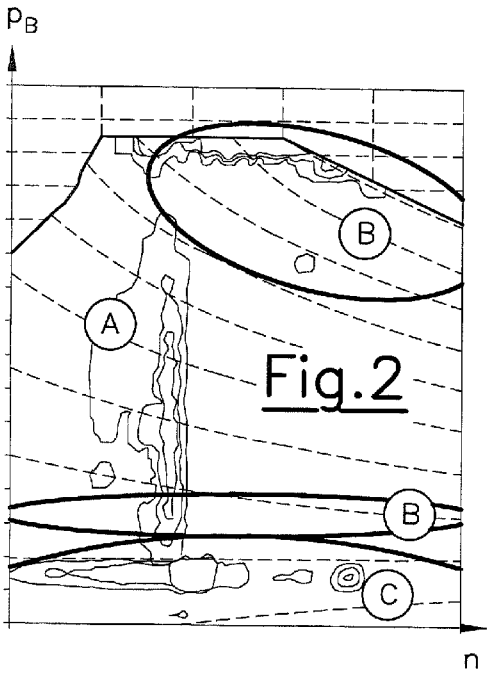


Fig.2

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an internal combustion engine (1) having an intake system (3) and having an exhaust system (4), in which exhaust gas is, in at least one operating mode, conducted via a first exhaust-gas flow path (6) through an exhaust-gas turbine (8) of an exhaust-gas turbocharger (9) and/or is conducted via a second exhaust-gas flow path (7) through a second exhaust-gas flow path (7) which has a power turbine (12), the output shaft (13) of which is connected to an electrical generator (14), wherein the first and second exhaust-gas flow paths (6, 7) are merged downstream of the exhaust-gas turbine (8) of the exhaust-gas turbocharger (9) and the power turbine (12). In at least a first operating mode (A) of the internal combustion engine (1), exhaust gas is conducted via the first exhaust-gas flow path (6) only through the exhaust-gas turbine (8) of the exhaust-gas turbocharger (9), in at least one second operating mode (B) of the internal combustion engine (1), the exhaust gas is conducted both via the first exhaust-gas flow path (6) through the exhaust-gas turbine (8) of the exhaust-gas turbocharger (9) and via the second exhaust-gas flow path (7) through the power turbine (12), and in at least one third operating mode (C) of the internal combustion engine (1), the exhaust gas is conducted – at least predominantly – via the second exhaust-gas flow path (7) through the power turbine (12).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/139816 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) mit einem Einlasssystem (3) und einem Auslasssystem (4), bei der Abgas in zumindest einem Betriebsmodus über einen ersten Abgasströmungsweg (6) durch eine Abgasturbine (8) eines Abgasturboladers (9) und/oder über einen zweiten Abgasströmungsweg (7) durch einen eine Nutzturbine (12) aufweisenden zweiten Abgasströmungsweg (7) geleitet wird, deren Abtriebswelle (13) mit einem elektrischen Generator (14) verbunden ist, wobei die ersten und zweiten Abgasströmungswege (6, 7) stromabwärts der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) und der Nutzturbine (12) zusammengeführt werden. In zumindest einem ersten Betriebsmodus (A) der Brennkraftmaschine (1) wird Abgas über den ersten Abgasströmungsweg (6) nur durch die Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) geleitet, in zumindest einem zweiten Betriebsmodus (B) der Brennkraftmaschine (1) wird das Abgas sowohl über den ersten Abgasströmungsweg (6) durch die Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) als auch über der zweiten Abgasströmungsweg (7) durch die Nutzturbine (12) geleitet, und in zumindest einem dritten Betriebsmodus (C) der Brennkraftmaschine (1) wird das Abgas – zumindest überwiegend - über den zweiten Abgasströmungsweg (7) durch die Nutzturbine (12) geleitet.

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Einlasssystem und einem Auslasssystem, insbesondere zum Antrieb eines Kraftfahrzeuges, bei der Abgas in zumindest einem Betriebsmodus über einen ersten Abgasströmungsweg durch eine Abgasturbine des Abgasturbolader eines Abgasturboladers und/oder über einen zweiten Abgasströmungsweg durch einen eine Nutzturbine aufweisenden zweiten Abgasströmungsweg geleitet wird, deren Abtriebswelle mit einem elektrischen Generator verbunden ist, wobei die ersten und zweiten Abgasströmungswege stromabwärts der ersten und der Nutzturbinen zusammengeführt werden.

Aus der AT 515 544 B1 ist eine Brennkraftmaschinemit mit einem Auslasssammler bekannt, der über einen ersten Abgasströmungsweg mit einer Abgasturbine eines Abgasturboladers und über einen zweiten Abgasströmungsweg mit einer Nutzturbine verbunden ist. Die Abtriebswelle der Nutzturbine ist entweder mechanisch mit der Brennkraftmaschine, mit einem weiteren Verdichter, oder einem elektrischen Generator verbunden. Die Abgasturbine des Turboladers und die Nutzturbine sind strömungsmäßig parallel zueinander angeordnet und beide verbinden den Auslasssammler mit einer Abgasleitung.

Aufgabe der Erfindung ist es, auf möglichst einfache Weise einen Betrieb der Brennkraftmaschine mit hohem Wirkungsgrad zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass die Durchflüsse durch den ersten Abgasströmungsweg und durch den zweiten Abgasströmungsweg in Abhängigkeit zumindest eines Motorbetriebsparameters der Brennkraftmaschine vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe Lastsignal, Ladedruck und Abgastemperatur - verändert werden, wobei

- in zumindest einem ersten Betriebsmodus der Brennkraftmaschine Abgas über den ersten Abgasströmungsweg nur durch die Abgasturbine des Abgasturbolader geleitet wird und der zweite Abgasströmungsweg durch die Nutzturbine vorzugsweise vollständig geschlossen wird;

- in zumindest einem zweiten Betriebsmodus der Brennkraftmaschine der erste Abgasströmungsweg vollständig geöffnet wird und der zweite Abgasströmungsweg teilweise oder vollständig geöffnet wird und das Abgas sowohl über den ersten Abgasströmungsweg durch die Abgasturbine des

Abgasturbolader als auch über der zweiten Abgasströmungsweg durch die Nutzturbine geleitet wird;

- in zumindest einem dritten Betriebsmodus der Brennkraftmaschine der erste Abgasströmungsweg - vorzugsweise bis auf einen Minimaldurchfluss – geschlossen wird und der zweite Abgasströmungsweg teilweise oder vollständig freigegeben wird, so dass das Abgas – zumindest überwiegend - über den zweiten Abgasströmungsweg durch die Nutzturbine geleitet wird.

Die Abgasturbine des Turboladers und die Nutzturbine sind strömungsmäßig parallel zueinander angeordnet und beide verbinden den Auslasssammler mit einer Abgasleitung. Die Abtriebswelle der Nutzturbine ist entweder mechanisch mit der Brennkraftmaschine, mit einem weiteren Verdichter, oder einem elektrischen Generator verbunden. In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird durch die Nutzturbine ein elektrischer Generator angetrieben.

In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung erfolgt die Verstellung Durchflusses des ersten Abgasströmungsweges über eine vorzugsweise zwischen der Abgasturbine des Abgasturbolader und der Zusammenführung des ersten und zweiten Strömungsweges angeordnetes – vorzugsweise als Bremsklappe ausgebildetes - erstes Steuerorgan und die Verstellung des zweiten Strömungsweges durch ein vorzugsweise stromaufwärts der Nutzturbine angeordnetes zweites Steuerorgan. Eine stromabwärts der Abgasturbine des Turboladers angeordnete Bremsklappe ist typisch bei Fahrzeugantrieben für größere Nutzfahrzeuge. Das in der Zuleitung (oder Ableitung) der Nutzturbine angeordnete zweite Steuerorgan kann teilweise oder gänzlich geschlossen werden. Die Ableitung der Nutzturbine ist erst stromabwärts des ersten Steuerorgans an die Abgasleitung angeschlossen.

Der erste Betriebsmodus wird im normalen Fahrbetrieb des Fahrzeuges gefahren und deckt einen großen Teil des Motorkennfeldes - insbesondere im mittleren und oberen Teillastbereich - ab. Dabei ist das erste Steuerorgan in seine Öffnungsstellung und das zweite Steuerorgan der Nutzturbine in seine Schließstellung gebracht. In diesem ersten Betriebsmodus, in dem nur die Abgasturbine des Abgasturboladers, nicht aber die Nutzturbine durch das Abgas angetrieben wird, erreicht die Brennkraftmaschine die besten Wirkungsgrade. Der gesamte Abgasmassenstrom treibt so die Abgasturbine des Abgasturboladers an, wodurch ein optimaler Aufladewirkungsgrad erreicht wird.

Vorzugsweise wird der zweite Betriebsmodus einem hohen Teillastbereich mit einer Last größer 80 Prozent der Volllast, insbesondere einem Volllastbereich der Brennkraftmaschine zugeordnet. Der zweite Betriebsmodus kann aber auch

einem Aufheizbetrieb der Brennkraftmaschine im unteren Teillastbereich zugeordnet werden.

Im zweiten Betriebsmodus ist das erste Steuerorgan vollständig geöffnet, das zweite Steuerorgan ist teilweise oder vollständig geöffnet. Durch eine geeignete Dimensionierung der Abgasturbine des Abgasturboladers und der Nutzturbine (zum Beispiel deren Schluckfähigkeit) relativ zueinander kann die maximal durch die Nutzturbine geleitete Abgasmenge definiert werden. Dabei hat sich in Berechnungen und Versuchen herausgestellt, dass die besten Ergebnisse erzielt werden können, wenn das Schluckvermögen der Nutzturbine zwischen 10% und 50% des Schluckvermögens der Abgasturbine des Abgasturboladers beträgt. Durch die Nutzturbine werden somit maximal zwischen 10% und 50% der maximalen Durchflussmenge der Abgasturbine des Abgasturboladers geleitet. Die Abgasturbine des Abgasturboladers und/oder die Nutzturbine können entweder mit einer festen Schaufelgeometrie oder einer variablen Schaufelgeometrie ausgestattet sein.

Bei völlig geöffnetem zweitem Steuerorgan addiert sich die Schluckfähigkeit beider Turbinen. Zum Schutz der Brennkraftmaschine (Motorschutzbetrieb) kann somit der Ladedruck der Brennkraftmaschine begrenzt oder abgesenkt werden. Eine weitere Anwendungsform des zweiten Betriebsmodus ist die moderate Anhebung der Abgastemperatur im unteren Teillastbereich der Brennkraftmaschine (Aufheizbetrieb).

In beiden Fällen – also sowohl im Motorschutzbetrieb, als auch im Aufheizbetrieb - wird die Nutzturbine durch den Teilstrom des Abgases angetrieben und durch beispielsweise die Gewinnung von elektrischer Leistung durch den Generator der Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine erhöht.

Im Rahmen der Erfindung kann weiters vorgesehen sein, dass der dritte Betriebsmodus einem Aufheizbetrieb und/oder einem Schleppbetrieb der Brennkraftmaschine im unteren Teillastbereich zugeordnet wird.

Im dritten Betriebsmodus befindet sich das erste Steuerorgan in seiner Schließstellung. Dabei kann auch in dieser Schließstellung ein Rest-Strömungsquerschnitt für eine minimale Durchflussmenge geöffnet bleiben, damit der Abgasturbolader nicht völlig zum Stillstand kommt. Das zweite Steuerorgan der Nutzturbine ist teilweise oder völlig geöffnet. In dieser Stellung wird kein Ladedruck erzeugt. Durch die Zusammenführung des zweiten Abgasströmungsweges mit dem ersten Abgasströmungsweg stromabwärts des ersten Steuerorgans wird die klein dimensionierte Nutzturbine vom nahezu gesamten Abgasmassenstrom der Brennkraftmaschine beaufschlagt.

Dieser dritte Betriebsmodus eignet sich besonders für den Schleppbetrieb der Brennkraftmaschine, um möglichst viel Energie durch die parallele Nutzturbine zu erzeugen.

In dem für Nutzfahrzeuge typischen Betrieb mit aktiver Dekompressions-Motorbremseinrichtung kann das zweite Steuerorgan auch teilweise geschlossen werden, um den benötigten Abgasdruck für die Motorbremse aufzubauen – da das zweite Steuerorgan nicht gänzlich geschlossen wird, wird auch hier die Nutzturbine angetrieben um zum Beispiel das Batteriesystem des Kraftfahrzeugs zu laden.

Letztlich kann der dritte Betriebsmodus auch benutzt werden, um die Abgastemperatur bei geringer Last der Brennkraftmaschine stark anzuheben und so zum Beispiel die Regenerierung der Abgasanlage einzuleiten. Auch hier kann ein Teil der Verluste über die parallele Nutzturbine rückgewonnen werden.

In einem beispielhaften Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass zuerst geprüft wird, ob ein Lastsignal der Brennkraftmaschine größer als null ist, und dass – im Falle eines negativen Lastsignals oder im Falle eines Lastsignals gleich null - der dritte Betriebsmodus aktiviert wird. Im Falles eines negativen Lastsignals oder im Falle eines Lastsignals (L) gleich null wird geprüft, ob bei der Brennkraftmaschine eine Dekompressionsbremse aktiviert ist. Ist dies der Fall, so wird das zweite Steuerorgan teilweise geschlossen.

Im Falle eines positiven Lastsignals wird geprüft, ob der Ladedruck im Einlasssystem unterhalb eines definierten maximalen Ladedruckes ist. Im Falle des Überschreitens des maximalen Ladedruckes wird der zweite Betriebsmodus aktiviert. Falls der maximale Ladedruckes unterschritten wird, wird weiters geprüft, ob die Abgastemperatur eine definierte minimale Abgastemperatur überschreitet. Ist dies der Fall, so wird der erste Betriebsmodus aktiviert wird.

Ist die gemessene Abgastemperatur allerdings geringer als die definierte minimale Abgastemperatur, so wird weiters geprüft, ob eine Regeneration eines Abgasnachbehandlungssystems der Brennkraftmaschine erforderlich ist. Wird festgestellt, dass eine Regeneration erforderlich ist, so wird der dritte Betriebsmodus aktiviert, um eine rasche Erhöhung der Temperatur des Abgases zu bewirken. Andernfalls genügt eine moderate Anhebung der Abgastemperatur mittels des zweiten Betriebsmodus.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines in den Figuren gezeigten nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels näher erläutert. Darin zeigen schematisch:

Fig. 1 eine Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 ein Motorkennfeld dieser Brennkraftmaschine;

Fig. 3 ein Turbinenkennfeld der Abgasturbine des Turboladers und der Nutzturbine; und

Fig. 4 das erfindungsgemäße Verfahren in einem Blockdiagramm.

Fig. 1 zeigt eine Brennkraftmaschine 1 mit beispielsweise sechs Zylindern 2, einem Einlasssystem 3 für einen Einlassstrom und einem Auslasssystem 4 für einen Abgasstrom. Stromabwärts eines Abgassammlers 5 wird der Abgasstrom in einen ersten Abgasströmungsweg 6 und einen zweiten Abgasströmungsweg 7 aufgeteilt, wobei im ersten Abgasteilstrom 6 eine Abgasturbine 8 eines ersten Abgasturboladers 9 angeordnet ist, deren Verdichter 10 im Einlassstrang 11 des Einlasssystems 3 angeordnet ist. Mit 6a ist die Turbinenzuleitung zur Abgasturbine 8 und mit 6b die Turbinenableitung von der Abgasturbine 8 bezeichnet. Im zweiten Abgasströmungsweg 7 ist eine Nutzturbine 12 angeordnet, deren Abtriebswelle 13 mechanisch mit einem elektrischen Generator 14 zur Erzeugung von elektrischer Energie verbunden ist. Mit 7a ist die Turbinenzuleitung zur Nutzturbine 12 und mit 7b die Turbinenableitung von der Nutzturbine 12 bezeichnet. Der erste Abgasströmungsweg 6 und der zweite Abgasströmungsweg 7 sind stromabwärts der Abgasturbine 8 und der Nutzturbine 12 zu einem gemeinsamen Abgasstrang 18 zusammengeführt. Der Ort der Zusammenführung der Turbinenableitungen 6b, 7b ist mit 19 bezeichnet.

Mit Bezugszeichen 14 ist ein Zwischenkühler des Einlasssystems 3 und mit Bezugszeichen 15 ein Luftfilter bezeichnet.

Stromabwärts der Abgasturbine 8 und stromaufwärts der Zusammenführung 19 ist in der Turbinenableitung 6b des ersten Abgasströmungsweg 6 eine durch eine Bremsklappe gebildetes erstes Steuerorgan 16 angeordnet.

Die Abgasturbine 8 und/oder die Nutzturbine 12 können jeweils eine variable Turbinengeometrie aufweisen oder über ein nicht weiter dargestelltes Bypassventil (Waste Gate) umgehbar sein. Insbesondere im Falle einer nicht variablen Turbinengeometrie kann zumindest der Nutzturbine 12 ein beispielsweise durch eine Klappe gebildetes zweites Steuerorgan 17 vorgeschaltet sein. Das zweite Steuerorgan 17 ist bei nicht variabler Turbinengeometrie notwendig, aber auch bei variabler Turbinengeometrie vorteilhaft.

Die Erfindung eignet sich nicht nur für Brennkraftmaschinen 1 mit einem einzigen Auslasssammler 5, sondern auch für Brennkraftmaschinen 1 mit mehreren getrennten Auslasssammlern. Im Falle von getrennten Auslasssammlern - zum Beispiel je einem Auslasssammler für drei Zylinder - kann die Abgasturbine 8 des Abgasturboladers 9 mit beiden Auslasssammlern verbunden sein und ein 2-flutiges Turbinengehäuse aufweisen. In diesem Fall ist die Nutzturbine 12 mit einem oder mit beiden Auslasssammlern verbunden, wobei im letzteren Fall zumindest die Turbinenzuleitung 7a zur Nutzturbine 12 und das zweite Steuerorgan 2-flutig ausgeführt sein können.

Fig. 2 zeigt ein Motorkennfeld für die Brennkraftmaschine 1, wobei der mittlere effektive Bremsdruck p_B über der Drehzahl n der Brennkraftmaschine 1 aufgetragen ist. Mit A, B, C sind verschiedene Betriebsmodi der Brennkraftmaschine 1 bezeichnet. Der erste Betriebsmodus A deckt einen großen Teil des Motorkennfeldes - insbesondere im mittleren und oberen Teillastbereich – ab, und wird im normalen Fahrbetrieb des Fahrzeuges gefahren. In diesem ersten Betriebsmodus A befindet sich das erste Steuerorgan 16 in seiner Öffnungsstellung und das zweite Steuerorgan 17 der Nutzturbine 12 in seiner Schließstellung. Dadurch wird das gesamte Abgas über den ersten Abgasströmungsweg 6 durch die Abgasturbine 8 des Abgasturboladers 9 geleitet – es wird also die Abgasturbine 8, nicht aber die Nutzturbine 13 durch das Abgas angetrieben, wodurch ein optimaler Aufladewirkungsgrad erreicht werden kann.

Im zweiten Betriebsmodus B ist das erste Steuerorgan 16 vollständig geöffnet, das zweite Steuerorgan 17 ist teilweise oder vollständig geöffnet. Durch eine geeignete Abstimmung in den Dimensionierungen der Abgasturbine 8 und der Nutzturbine 12 relativ zueinander kann die maximal durch die Nutzturbine 12 geleitete Abgasmenge festgesetzt werden. Beispielsweise beträgt das Schluckvermögen der Nutzturbine 12 zwischen 10% und 50% des Schluckvermögens der Abgasturbine 8 des Abgasturboladers 9.Dieser zweite Betriebsmodus B kann einerseits verwendet, um im Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine 1 den Ladedruck zu begrenzen und Schäden am Motor durch zu hohe Verbrennungsdrücke zu vermeiden. Andererseits eignet sich dieser zweite Betriebsmodus B für eine moderate Anhebung der Abgastemperatur bei niedriger Teillast. Im zweiten Betriebsmodus B wird ein Teil des gesamten Abgases durch die Nutzturbine 12 geleitet und durch diese der Generator 14 angetrieben. Durch die Gewinnung von elektrischer Leistung durch den Generator 14 kann der gesamte Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine 1 verbessert werden.

Im dritten Betriebsmodus C befindet sich das erste Steuerorgan 16 in seiner Schließstellung, wobei ein Rest-Strömungsquerschnitt für eine minimale Durchflussmenge geöffnet bleibt, damit der Abgasturbolader 9 nicht völlig zum Still-

stand kommt. Das zweite Steuerorgan 17 der Nutzturbine 12 ist teilweise oder völlig geöffnet. In dieser Stellung wird kein Ladedruck im Einlasssystem 3 erzeugt. Die relativ zur Abgasturbine 8 klein dimensionierte Nutzturbine 12 wird im dritten Betriebsmodus C nahezu vom gesamten Abgasmassenstrom der Brennkraftmaschine 1 beaufschlagt. Dieser dritte Betriebsmodus C eignet sich besonders für den Schleppbetrieb der Brennkraftmaschine 1, um möglichst viel Energie durch die parallele Nutzturbine zu erzeugen. Weiters kann der dritte Betriebsmodus C auch benutzt werden, um die Abgastemperatur bei geringer Last der Brennkraftmaschine stark anzuheben und so zum Beispiel die Regenerierung der Abgasanlage einzuleiten. Auch hier kann ein Teil der Verluste über die Nutzturbine 12 rückgewonnen werden.

In Fig. 3 ist der relative Massenstrom q_m über der Turbinen-Expansionsrate ER aufgetragen. Aus dem Diagramm ist der Einfluss der Betriebsmodi auf die jeweils zur Verfügung stehende Turbinengröße zu erkennen.

Fig. 4 zeigt schematisch das erfindungsgemäße Verfahren in einem Blockdiagramm.

In einem ersten Schritt S1 wird geprüft, ob ein Lastsignal L>0 ist. Wenn dies nicht der Fall ist – "n" – wird der dritte Betriebsmodus C ausgewählt, wobei in einem zweiten Schritt S2 geprüft, ob die Dekompressionsbremse aktiviert ist. Ist die Dekompressionsbremse aktiv – "y" -, so wird das zweite Steuerorgan 17 teilweise geschlossen.

Wird im Schritt S1 festgestellt, dass das Lastsignal L>0 ist – "y" – wird in einem weiteren dritten Schritt S3 geprüft, ob der Ladedruck p_L im Einlasssystem 3 kleiner als ein definierter maximaler Ladedruck p_{Lmax} ist ($p_L < p_{Lmax}$). Trifft dies nicht zu – "n" - dies der Fall, so wird der zweite Betriebsmodus B gewählt.

Wird im dritten Schritt S3 festgestellt, dass der Ladedruck p_L im Einlasssystem 3 kleiner als der definierte maximale Ladedruck p_{Lmax} ist, so wird in einem vierten Schritt S4 geprüft, ob die Abgastemperatur T_A eine definierte minimale Abgastemperatur T_{Amin} überschreitet ($T_A > T_{Amin}$). Ist dies der Fall – "y" -, so wird der erste Betriebsmodus A gewählt. Andernfalls wird in einem fünften Schritt S5 geprüft, ob eine Regeneration des Abgasnachbehandlungssystems erforderlich ist. Ist dies der Fall – "y" – so wird der dritte Betriebsmodus C gefahren. Andernfalls – "n" – wird der zweite Betriebsmodus B gewählt.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) mit einem Einlasssystem (3) und einem Auslasssystem (4), insbesondere zum Antrieb eines Kraftfahrzeuges, bei der Abgas in zumindest einem Betriebsmodus über einen ersten Abgasströmungsweg (6) durch eine Abgasturbine (8) eines Abgasturboladers (9) und/oder über einen zweiten Abgasströmungsweg (7) durch einen eine Nutzturbine (12) aufweisenden zweiten Abgasströmungsweg (7) geleitet wird, deren Abtriebswelle (13) mit einem elektrischen Generator (14) verbunden ist, wobei die ersten und zweiten Abgasströmungswege (6, 7) stromabwärts der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) und der Nutzturbine (12) zusammengeführt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Durchflüsse durch den ersten Abgasströmungsweg (6) und durch den zweiten Abgasströmungsweg (7) in Abhängigkeit zumindest eines Motorbetriebsparameters der Brennkraftmaschine (1) - vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe Lastsignal (L), Ladedruck (p_L) und Abgastemperatur (T_A) - verändert werden, wobei

   - in zumindest einem ersten Betriebsmodus (A) der Brennkraftmaschine (1) Abgas über den ersten Abgasströmungsweg (6) nur durch die Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) geleitet wird und der zweite Abgasströmungsweg (7) durch die Nutzturbine (12) vorzugsweise vollständig geschlossen wird;

   - in zumindest einem zweiten Betriebsmodus (B) der Brennkraftmaschine (1) der erste Abgasströmungsweg (6) vollständig geöffnet wird und der zweite Abgasströmungsweg (7) teilweise oder vollständig geöffnet wird und das Abgas sowohl über den ersten Abgasströmungsweg (6) durch die Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) als auch über der zweiten Abgasströmungsweg (7) durch die Nutzturbine (12) geleitet wird;

   - in zumindest einem dritten Betriebsmodus (C) der Brennkraftmaschine (1) der erste Abgasströmungsweg (6) - vorzugsweise bis auf einen Minimaldurchfluss – geschlossen wird und der zweite Abgasströmungsweg (7) teilweise oder vollständig freigegeben wird, so dass das Abgas – zumindest überwiegend - über den zweiten Abgasströmungsweg (7) durch die Nutzturbine (12) geleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Betriebsmodus (A) einem normalen Fahrbetrieb der Brennkraftmaschine (1) im mittleren und oberen Teillastbereich zugeordnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Betriebsmodus (B) einem hohen Teillastbereich, insbesondere einem Volllastbereich, der Brennkraftmaschine (1) zugeordnet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Betriebsmodus (B) zumindest einem Aufheizbetrieb der Brennkraftmaschine (1) im unteren Teillastbereich zugeordnet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dritte Betriebsmodus (C) einem Aufheizbetrieb der Brennkraftmaschine (1) im unteren Teillastbereich zugeordnet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dritte Betriebsmodus (C) einem Schleppbetrieb der Brennkraftmaschine (1) zugeordnet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstellung des Durchflusses des ersten Abgasströmungsweges (6) über ein vorzugsweise zwischen der Abgasturbine (8) des Abgasturbolader (9) und der Zusammenführung des ersten und zweiten Abgasströmungsweges (6) angeordnetes – vorzugsweise durch eine Bremsklappe gebildetes - erstes Steuerorgan (16) durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstellung des Durchflusses des zweiten Strömungsweges (7) durch ein stromaufwärts des Nutzturbine (12) angeordnetes – vorzugsweise durch eine Klappe gebildetes - zweites Steuerorgan (17) durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Nutzturbine (12) maximal zwischen 10% und 50% der maximalen Durchflussmenge der Abgasturbine (8) des Abgasturboladers (9) geleitet werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Nutzturbine (12) ein elektrischer Generator (14) angetrieben wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass geprüft wird, ob ein Lastsignal (L) der Brennkraftmaschine (1) größer als null ist, und dass – im Falle eines negativen Lastsignals (L) oder im Falle eines Lastsignals (L) gleich null - der dritte Betriebsmodus (C) aktiviert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass – im Falles eines negativen Lastsignals (L) oder im Falle eines Lastsignals (L) gleich null - geprüft wird, ob bei der Brennkraftmaschine (1) eine Dekompressionsbremse aktiviert ist, und dass – im Falle einer aktivierten Dekompressionsbremse - das zweite Steuerorgan (17) teilweise geschlossen wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass – im Falle eines positiven Lastsignals (L) - geprüft wird, ob der Ladedruck (p_L) im Einlasssystem (3) unterhalb eines definierten maximalen Ladedruckes (p_{Lmax}) ist, und dass - im Falle des Überschreitens des maximalen Ladedruckes (p_{Lmax}) - der zweite Betriebsmodus (B) aktiviert wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass – im Falle des Unterschreitens des maximalen Ladedruckes (p_{Lmax}) - geprüft wird, ob die Abgastemperatur (T_A) eine definierte minimale Abgastemperatur (T_{Amin}) überschreitet, und dass – im Falle des Überschreiten der minimalen Abgastemperatur (T_{Amin}) der erste Betriebsmodus (A) aktiviert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass – im Falle des Unterschreitens der minimalen Abgastemperatur (T_{Amin})- geprüft wird, ob eine Regeneration eines Abgasnachbehandlungssystems der Brennkraftmaschine (1) erforderlich ist, und dass – falls eine Regeneration des Abgasnachbehandlungssystems erforderlich ist - der dritte Betriebsmodus (C) aktiviert, und anderenfalls der zweite Betriebsmodus (B) aktiviert wird.

2017 02 07
Fu

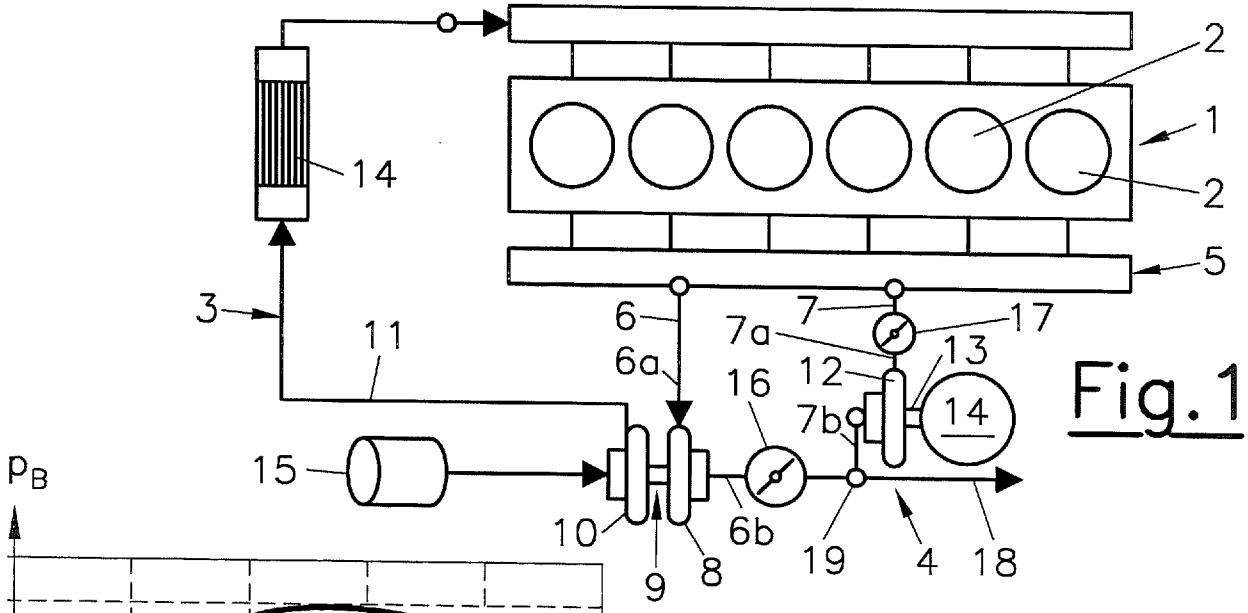


Fig.1

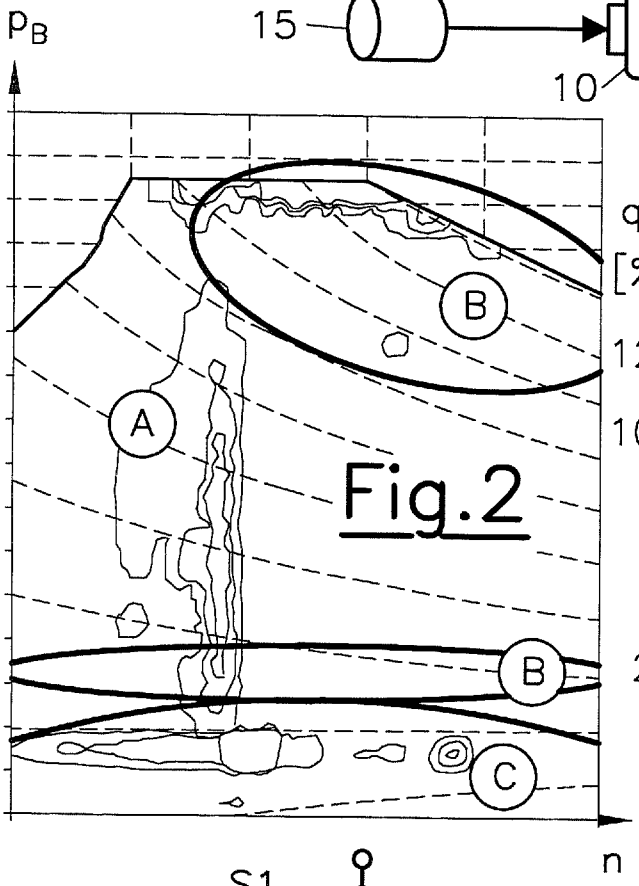


Fig.2

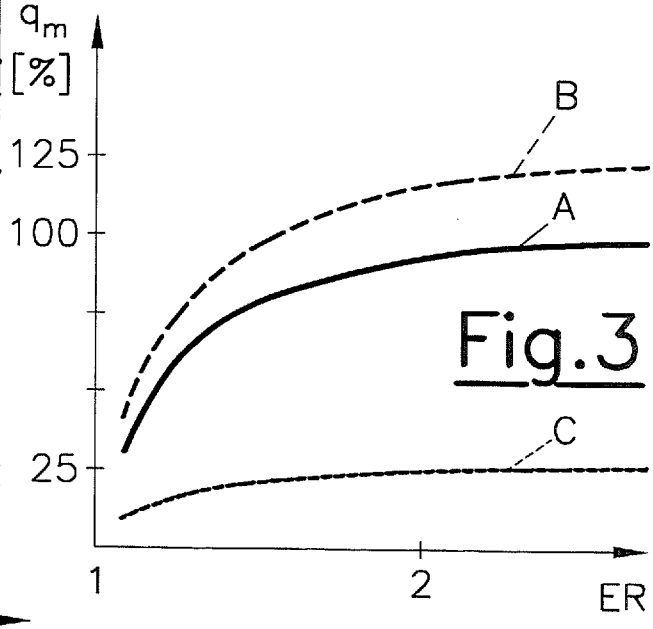


Fig.3

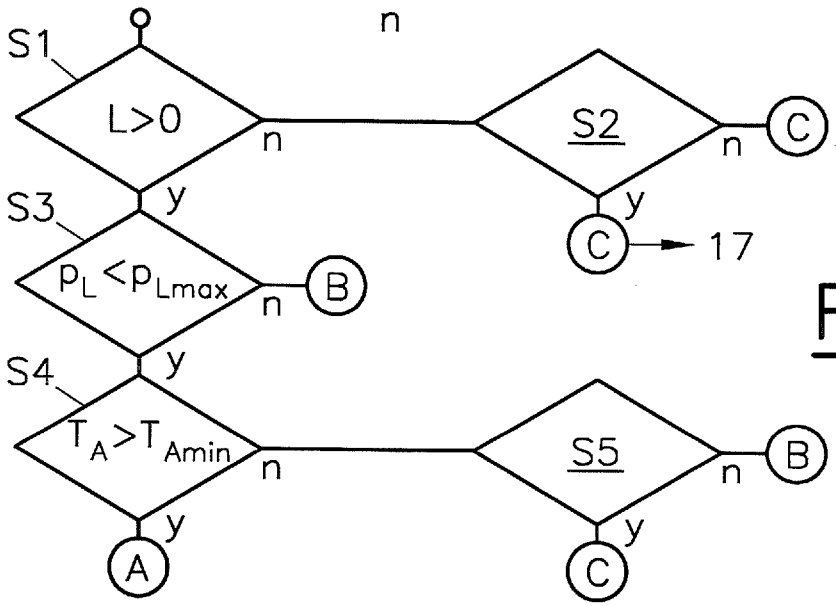


Fig.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/AT2017/060022

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/00 F02B37/00 F02B37/18 F02B41/10
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)
F02D F02B

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	DE 10 2008 064521 A1 (PORSCHE AG [DE]) 1 July 2010 (2010-07-01) paragraphs [0002], [0004], [0006] paragraphs [0013] - [0015] paragraph [0017] -----	1-15
X	US 2013/055711 A1 (HOFER DOUGLAS C [US] ET AL) 7 March 2013 (2013-03-07) paragraphs [0004] - [0006] paragraphs [0015], [0019], [0021] paragraphs [0024], [0025] paragraphs [0027], [0028], [0030] paragraphs [0045] - [0059] figures 1,5,6 ----- -/--	1-15

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
28 April 2017	10/05/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Wettemann, Mark

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2011 012575 A1 (DAIMLER AG [DE]) 30 August 2012 (2012-08-30) paragraph [0004] paragraphs [0006] - [0011] paragraphs [0013] - [0016] paragraphs [0017] - [0020] paragraph [0033] paragraphs [0036], [0037] paragraphs [0040] - [0042] paragraphs [0047], [0054], [0056] paragraphs [0078], [0079], [0084] paragraphs [0086], [0088] paragraphs [0096], [0097], [0101] paragraph [0104]; figure 1	1-15
X	EP 2 789 826 A1 (LIEBHERR MACHINES BULLE SA [CH]) 15 October 2014 (2014-10-15) paragraph [0001] paragraphs [0005] - [0022] paragraphs [0051] - [0053] paragraphs [0064], [0065] figure 1	1-15
X	US 2013/164157 A1 (ROBERTS TOM J [GB] ET AL) 27 June 2013 (2013-06-27) paragraph [0001] paragraphs [0011] - [0013] paragraphs [0016], [0017], [0031] paragraphs [0081] - [0086] figure 3	1,8-10
X	DE 10 2013 001662 A1 (DAIMLER AG [DE]) 31 July 2014 (2014-07-31) paragraphs [0004], [0005] paragraphs [0017], [0018] paragraphs [0030] - [0032] paragraphs [0042] - [0046] paragraph [0053] figure 1	1-3,7-15

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/AT2017/060022

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102008064521 A1	01-07-2010	CN 101749105 A	23-06-2010
		DE 102008064521 A1	01-07-2010
		JP 4892054 B2	07-03-2012
		JP 2010144731 A	01-07-2010
		US 2010154414 A1	24-06-2010
US 2013055711 A1	07-03-2013	NONE	
DE 102011012575 A1	30-08-2012	DE 102011012575 A1	30-08-2012
		WO 2012113425 A1	30-08-2012
EP 2789826 A1	15-10-2014	CH 707886 A1	15-10-2014
		EP 2789826 A1	15-10-2014
US 2013164157 A1	27-06-2013	GB 2497365 A	12-06-2013
		US 2013164157 A1	27-06-2013
DE 102013001662 A1	31-07-2014	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/AT2017/060022

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D41/00 F02B37/00 F02B37/18 F02B41/10
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F02D F02B

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 2008 064521 A1 (PORSCHE AG [DE]) 1. Juli 2010 (2010-07-01) Absätze [0002], [0004], [0006] Absätze [0013] - [0015] Absatz [0017] -----	1-15
X	US 2013/055711 A1 (HOFER DOUGLAS C [US] ET AL) 7. März 2013 (2013-03-07) Absätze [0004] - [0006] Absätze [0015], [0019], [0021] Absätze [0024], [0025] Absätze [0027], [0028], [0030] Absätze [0045] - [0059] Abbildungen 1,5,6 ----- -/--	1-15

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
28. April 2017	10/05/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Wettemann, Mark

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2011 012575 A1 (DAIMLER AG [DE]) 30. August 2012 (2012-08-30) Absatz [0004] Absätze [0006] - [0011] Absätze [0013] - [0016] Absätze [0017] - [0020] Absatz [0033] Absätze [0036], [0037] Absätze [0040] - [0042] Absätze [0047], [0054], [0056] Absätze [0078], [0079], [0084] Absätze [0086], [0088] Absätze [0096], [0097], [0101] Absatz [0104]; Abbildung 1	1-15
X	EP 2 789 826 A1 (LIEBHERR MACHINES BULLE SA [CH]) 15. Oktober 2014 (2014-10-15) Absatz [0001] Absätze [0005] - [0022] Absätze [0051] - [0053] Absätze [0064], [0065] Abbildung 1	1-15
X	US 2013/164157 A1 (ROBERTS TOM J [GB] ET AL) 27. Juni 2013 (2013-06-27) Absatz [0001] Absätze [0011] - [0013] Absätze [0016], [0017], [0031] Absätze [0081] - [0086] Abbildung 3	1,8-10
X	DE 10 2013 001662 A1 (DAIMLER AG [DE]) 31. Juli 2014 (2014-07-31) Absätze [0004], [0005] Absätze [0017], [0018] Absätze [0030] - [0032] Absätze [0042] - [0046] Absatz [0053] Abbildung 1	1-3,7-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/AT2017/060022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102008064521 A1	01-07-2010	CN 101749105 A	23-06-2010
		DE 102008064521 A1	01-07-2010
		JP 4892054 B2	07-03-2012
		JP 2010144731 A	01-07-2010
		US 2010154414 A1	24-06-2010
US 2013055711 A1	07-03-2013	KEINE	
DE 102011012575 A1	30-08-2012	DE 102011012575 A1	30-08-2012
		WO 2012113425 A1	30-08-2012
EP 2789826 A1	15-10-2014	CH 707886 A1	15-10-2014
		EP 2789826 A1	15-10-2014
US 2013164157 A1	27-06-2013	GB 2497365 A	12-06-2013
		US 2013164157 A1	27-06-2013
DE 102013001662 A1	31-07-2014	KEINE	