

(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
3. Juni 2004 (03.06.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/046535 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F02M 21/06**,
F02B 43/10, F02M 25/10

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/012757

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. November 2003 (14.11.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 54 156.6 20. November 2002 (20.11.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **LINDE AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Abraham-Lincoln-Strasse 21, 61589 Wiesbaden (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ADLER, Robert**
[AT/AT]; Lorenz-Steiner-Gasse 34, A-2201 Gerasdorf
(AT).

(74) Anwalt: **LINDE AKTIENGESELLSCHAFT**; Zentrale
Patentabteilung, 82049 Höllriegelskreuth (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.*

(54) **Title:** EFFICIENCY INCREASE IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES POWERED BY HYDROGEN

(54) **Bezeichnung:** WIRKUNGSGRADERHÖHUNG VON MIT WASSERSTOFF BETRIEBENEN VERBRENNUNGSMOTO-
REN

(57) **Abstract:** A method is disclosed, for the introduction of a combustible medium, in particular a cryogenic medium, such as hydrogen, for example, into an internal combustion engine. According to the invention, the medium is heated before the introduction thereof into the internal combustion engine, at least to ambient temperature, preferably to a temperature of at least 500 °C and introduced into the internal combustion engine at a pressure of between 100 and 500 bar. The heating of the medium is preferably achieved at least partly in heat exchange with the or an exhaust stream from the internal combustion engine.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Verfahren zum Zuführen eines in einem Verbrennungsmotor verbrennbaren Mediums, insbesondere eines kryogenen Mediums, wie beispielsweise Wasserstoff, in einen Verbrennungsmotor beschrieben. Erfindungsgemäss das wird Medium vor seiner Zuführung in den Verbrennungsmotor wenigstens auf Umgebungstemperatur, vorzugsweise auf eine Temperatur von 1 wenigstens 500 °C erwärmt und dem Verbrennungsmotor mit einem Druck zwischen 100 und 500 bar zugeführt. Hierbei erfolgt die Erwärmung des Mediums vorzugsweise zumindest teilweise im Wärmetausch mit dem oder einem der Abgasströme des Verbrennungsmotors.



WO 2004/046535 A1

Beschreibung

Wirkungsgraderhöhung von mit Wasserstoff betriebenen Verbrennungsmotoren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Zuführen eines in einem Verbrennungsmotor verbrennbaren Mediums, insbesondere eines kryogenen Mediums, wie beispielsweise
5 Wasserstoff, in einen Verbrennungsmotor.

Bei gattungsgemäßen Verfahren zum Zuführen eines Mediums, insbesondere eines kryogenen Mediums, in einen Verbrennungsmotor – bisher kommt zu diesem Zweck ausschließlich Wasserstoff zur Anwendung – weisen die ggf. modifizierten
10 Verbrennungsmotoren üblicherweise ein Wasserstoff-Saugrohreinspritzsystem auf, wobei dieses im Wesentlichen den bei herkömmlichen Otto-Motoren verwendeten Saugrohreinspritzsystemen entspricht.

Aufgrund des schlechten Wirkungsgrades derartiger Verbrennungsmotoren mit
15 Wasserstoff-Saugrohreinspritzung werden augenblicklich Versuche mit Common-Rail-Hochdruck-Einspritzsystemen durchgeführt.

Common-Rail-Hochdruck-Einspritzsysteme können zwar den Wirkungsgrad eines Verbrennungsmotors nicht wesentlich verbessern, jedoch kann mit ihnen die
20 Hubraumleistung angehoben werden.

Von Nachteil bei den bisher zur Anwendung kommenden Verbrennungsmotoren mit Wasserstoff-Saugrohreinspritzung ist, dass der gasförmige Wasserstoff im Saugrohr einen beachtlichen Teil der Ansaugluft verdrängt und damit weniger Sauerstoff für die
25 Verbrennung zur Verfügung steht. Dies hat zur Folge, dass die Hubraumleistung von mit Wasserstoff betriebenen Verbrennungsmotoren mit Saugrohreinspritzung deutlich geringer als bei einem Benzin- oder Dieselbetrieb.

Bei einer Hochdruck-Einspritzung des gasförmigen Wasserstoffs in den
30 abgeschlossenen Zylinder – also bei geschlossenem oder geschlossenen Saugventilen – entfällt dieser Nachteil. Um Verdichtungsarbeit einzusparen, erfolgt die Einspritzung des gasförmigen Wasserstoffs in den abgeschlossenen Zylinder vorteilhafterweise erst knapp vor dem oberen Totpunkt des Kolbens.

Die Temperatur der Ansaugluft im oberen Totpunkt beträgt ca. 275 °C. Wird nunmehr kalter Wasserstoff in den Brennraum des Zylinders eingespritzt, wird die Verdichtungstemperatur gesenkt und damit Verdichtungsarbeit vernichtet.

5

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Verfahren zum Zuführen eines Mediums, insbesondere eines kryogenen Mediums in einen Verbrennungsmotor anzugeben, das die vorgenannten Nachteile vermeidet.

- 10 Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein gattungsgemäßes Verfahren vorgeschlagen, das dadurch gekennzeichnet ist, dass das Medium vor seiner Zuführung in den Verbrennungsmotor wenigstens auf Umgebungstemperatur, vorzugsweise auf eine Temperatur von wenigstens 500 °C erwärmt wird und dem Verbrennungsmotor mit einem Druck zwischen 100 und 500 bar, vorzugsweise mit einem Druck zwischen 200
- 15 und 300 bar zugeführt wird.

Die Höhe der Temperatur, auf die das dem Verbrennungsmotor zugeführte Medium erwärmt wird, bestimmt sich auch danach, ob das im Brennraum des Zylinders entstehende Luft/Medium-Gemisch fremdgezündet wird oder sich selbst entzündet.

20

Im Prinzip gilt, dass die Temperatur, auf die das dem Verbrennungsmotor zugeführte Medium erwärmt wird, nicht hoch genug sein kann. Die Temperaturobergrenze bestimmt sich im Einzelfall nach der Art des Mediums sowie der für die Erwärmung des Mediums verfügbaren Energie.

25

Der erforderliche Einspritzdruck von 100 und 500 bar kann insbesondere bei der Verwendung von flüssigem Wasserstoff als Kraftstoff bereits in dem Wasserstoff-Speicherbehälter in der Flüssigphase vergleichsweise effizient aufgebaut werden.

- 30 Entsprechend einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Zuführen eines Mediums in einen Verbrennungsmotor erfolgt die Erwärmung des Mediums vor der Zuführung in den Verbrennungsmotor zumindest teilweise im Wärmetausch mit dem oder einem der Abgasströme des Verbrennungsmotors.

Zu der vorgenannten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind alternative oder ergänzende Verfahrensweisen denkbar, wie bspw. elektrische Beheizung, Beheizen durch Verbrennen eines Teiles des Mediums, etc. Diese alternativen oder ergänzenden Verfahrensweisen werden zweckmäßigerweise
5 überwiegend während der Startphase des Verbrennungsmotors zur Anwendung kommen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Zuführen eines Mediums in einen Verbrennungsmotor ermöglicht eine Steigerung des Wirkungsgrades eines
10 Verbrennungsmotors bis ca. 50 %; die jeweilige Steigerung des Wirkungsgrades ist jedoch abhängig von dem gewählten Verdichtungsverhältnis sowie dem gewählten Einspritzdruck.

Das vorbeschriebene Konzept ist sinngemäß für alle als Kraftstoffe verwendbaren
15 Medien, die bei den realisierten Temperaturen nicht zerfallen bzw. kracken, anwendbar. Bei diesen Kraftstoffen wird in der Flüssigphase der Druck erhöht und danach vor der Einspritzdüse verdampft.

Bei gasförmigen Kraftstoffen, wie bspw. Erdgas oder GH_2 , kann nur ein Teil der
20 Energie gewonnen werden, da der Kraftstoff gasförmig verdichtet werden muss – allerdings hilft hier der Tankdruck in den Speicherbehältern.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Zuführen eines in einem Verbrennungsmotor verbrennbaren Mediums, insbesondere eines kryogenen Mediums, wie beispielsweise Wasserstoff, in einen Verbrennungsmotor, **dadurch gekennzeichnet**, dass das
- 5 Medium vor seiner Zuführung in den Verbrennungsmotor wenigstens auf Umgebungstemperatur, vorzugsweise auf eine Temperatur von wenigstens 500 °C erwärmt wird und dem Verbrennungsmotor mit einem Druck zwischen 100 und 500 bar zugeführt wird.
- 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erwärmte Medium dem Verbrennungsmotor mit einem Druck zwischen 200 und 300 bar zugeführt wird.
- 15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmung des Mediums zumindest teilweise im Wärmetausch mit dem oder einem der Abgasströme des Verbrennungsmotors erfolgt.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/12757

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02M21/06 F02B43/10 F02M25/10

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)

IPC 7 F02M F02B F17C F17F

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, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/166545 A1 (STONE KEVIN) 14 November 2002 (2002-11-14) figures 1-4 abstract paragraph '0021! - paragraph '0022! paragraph '0008! paragraph '0028! claims 8,45	1-3
X	CH 526 720 A (LNG SERVICES INC) 15 August 1972 (1972-08-15) figures 1-4 claims 1-9	1-3
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in 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

1 March 2004

Date of mailing of the international search report

05/03/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wassenaar, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 03/12757

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 016 836 A (MACKAY DONALD B ET AL) 12 April 1977 (1977-04-12) figures 1-5 abstract column 3, line 20 - line 39 column 6, line 14 - line 46 column 8, line 7 - line 34 claims 1-4 -----	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/12757

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002166545	A1	14-11-2002	NONE	
CH 526720	A	15-08-1972	NONE	
US 4016836	A	12-04-1977	DE 2640243 A1	17-03-1977

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/12757

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02M21/06 F02B43/10 F02M25/10

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02M F02B F17C F17F

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, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/166545 A1 (STONE KEVIN) 14. November 2002 (2002-11-14) Abbildungen 1-4 Zusammenfassung Absatz '0021! - Absatz '0022! Absatz '0008! Absatz '0028! Ansprüche 8,45	1-3
X	CH 526 720 A (LNG SERVICES INC) 15. August 1972 (1972-08-15) Abbildungen 1-4 Ansprüche 1-9	1-3

-/--



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

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. März 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/03/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Wassenaar, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/12757

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 016 836 A (MACKAY DONALD B. ET AL.) 12. April 1977 (1977-04-12) Abbildungen 1-5 Zusammenfassung Spalte 3, Zeile 20 - Zeile 39 Spalte 6, Zeile 14 - Zeile 46 Spalte 8, Zeile 7 - Zeile 34 Ansprüche 1-4 -----	1-3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 03/12757

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002166545 A1	14-11-2002	KEINE	
CH 526720 A	15-08-1972	KEINE	
US 4016836 A	12-04-1977	DE 2640243 A1	17-03-1977