

(19)



(11)

EP 4 067 638 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.10.2022 Patentblatt 2022/40

(21) Anmeldenummer: **22163275.5**

(22) Anmeldetag: **21.03.2022**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F02D 41/00 ^(2006.01) **F02D 41/02** ^(2006.01)
F02B 37/24 ^(2006.01) **F02D 41/14** ^(2006.01)
F02D 41/40 ^(2006.01) **F02M 26/06** ^(2016.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F02B 37/24; F02D 41/0007; F02D 41/0047;
F02D 41/0055; F02D 41/0245; F02D 41/0255;
F02D 41/1456; F02D 41/401; F02D 41/405;
F02M 26/06

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **30.03.2021 DE 102021107952**

(71) Anmelder: **VOLKSWAGEN AG**
38440 Wolfsburg (DE)

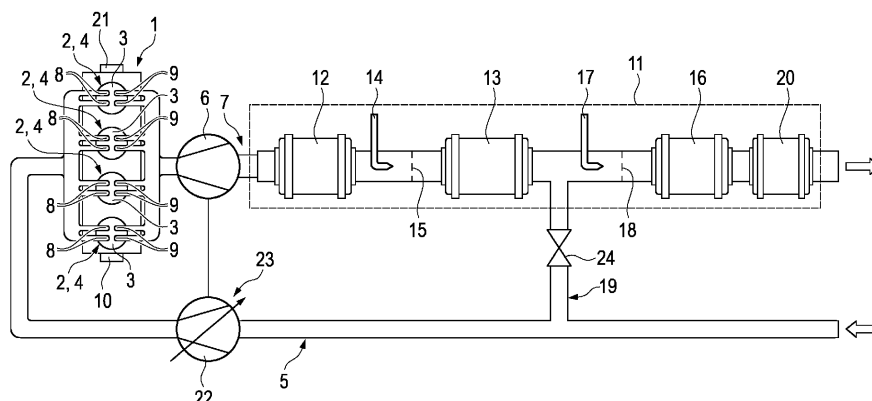
(72) Erfinder:
 • **Böckmann, Elmar**
38165 Lehre (DE)
 • **Kraus, Stephan**
38464 Groß Twülpstedt (DE)
 • **Sarow, André**
39646 Oebisfelde (DE)

(74) Vertreter: **Bungartz, Florian et al**
Van-Gogh-Strasse 3
81479 München (DE)

(54) **AUFHEIZEN EINER ABGASNACHBEHANDLUNGSEINRICHTUNG WÄHREND EINES WARMLAUFBETRIEBS EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Verbrennungsmotor (1), einem Frischgasstrang (5) und einem Abgasstrang (7), wobei in den Abgasstrang (7) eine Abgasturbine (6) mit variabler Turbinengeometrie (23) eines Abgasturboladers und eine Abgasnachbehandlungseinrichtung (11) integriert sind und in den Frischgasstrang (5) ein Frischgasverdichter (22) des Abgasturboladers integriert ist und wobei eine ND-Abgasrückführleitung (19) stromab der Abgasturbine (6) aus dem Abgasstrang (7) abzweigt und stromauf des Frischgasverdichters (22) in den Frischgasstrang (5) mündet, wobei während einer Warmlaufphase

- die variable Turbinengeometrie (23) derart eingestellt wird, dass die Verdichtung des Frischgases mittels des Frischgasverdichters (22) im Vergleich zu einem Normalbetrieb in einem entsprechenden Betriebspunkt größer ist und
 - Abgas über die ND-Abgasrückführleitung (19) geführt wird und
 - eine Nacheinspritzung von Kraftstoff in zumindest einen Brennraum (4) des Verbrennungsmotors (1) während eines Arbeitstakts in diesem Brennraum (4) durchgeführt wird.

**EP 4 067 638 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Verbrennungsmotor während einer Warmlaufphase, die sich insbesondere an einen Kaltstart des Verbrennungsmotors anschließen kann.

[0002] Um möglichst geringe Schadstoffemissionen einer Brennkraftmaschine zu realisieren, sollten die in einen Abgasstrang der Brennkraftmaschine integrierten Abgasnachbehandlungskomponenten einer Abgasnachbehandlungseinrichtung, die insbesondere einen oder mehrere Katalysatoren sowie einen Partikelfilter umfassen kann, möglichst stets Betriebstemperaturen aufweisen, die oberhalb der jeweiligen Anspringtemperaturen (auch "Light-off-Temperatur genannt) liegen, ab denen von einer ausreichenden Wirksamkeit hinsichtlich der jeweils vorgesehenen Abgasnachbehandlung ausgegangen werden kann. Nach einem Kaltstart der Brennkraftmaschine, bei dem nicht nur der Verbrennungsmotor sondern auch die Abgasnachbehandlungskomponenten Betriebstemperaturen aufweisen, die deutlich unterhalb der jeweiligen Anspringtemperatur liegen, sollten die Betriebstemperaturen zumindest einiger der Abgasnachbehandlungskomponenten möglichst schnell die jeweilige Anspringtemperatur erreichen. Um dies zu gewährleisten, ist es bekannt, einzelne Abgasnachbehandlungskomponenten aktiv zu beheizen, was zum einen mittels hierfür vorgesehener Heizvorrichtungen, die beispielsweise elektrische Heizelemente umfassen oder als Brenner ausgebildet sein können, möglich ist. Weiterhin können sogenannte innermotorische Maßnahmen umgesetzt werden, die darauf abzielen, durch einen gezielten Betrieb des Verbrennungsmotors mit einem relativ schlechten Wirkungsgrad relativ heißes Abgas zu erzeugen, so dass über das Abgas eine relativ schnelle Erwärmung der Abgasnachbehandlungskomponenten erreicht werden kann.

[0003] Die DE 10 2018 124 869 A1 offenbart ein Verfahren zur Abgasnachbehandlung eines Verbrennungsmotors mit mindestens einem Brennraum. Der Verbrennungsmotor ist über seinen Einlass mit einem Luftversorgungssystem und über seinen Auslass mit einer Abgasanlage des Verbrennungsmotors verbunden. In der Abgasanlage ist mindestens eine Abgasnachbehandlungskomponente zur Konvertierung von Schadstoffen im Abgas des Verbrennungsmotors angeordnet. Vorgesehen ist, dass der Lastzustand des Verbrennungsmotors sowie die streckenbezogenen Emissionen, insbesondere die streckenbezogenen NO_x-Emissionen ermittelt werden. Nähern sich die streckenbezogenen Emissionen einem definierten Schwellenwert an und ist abzusehen, dass bei unveränderten Motorparametern diese streckenbezogenen Emissionen nicht erfüllt werden können, wird die Leistung und/oder das Drehmoment des Verbrennungsmotors reduziert, um die Rohemissionen des Verbrennungsmotors zu verringern.

[0004] Die DE 10 2018 220 121 A1 beschreibt ein Ab-

gasnachbehandlungssystem für einen Verbrennungsmotor, der eine Abgasanlage mit einem Abgaskanal umfasst, wobei in dem Abgaskanal ein Oxidationskatalysator, anschließend ein Dosierelement zur Eindosierung eines Reduktionsmittels und daran anschließend eine Abgasnachbehandlungskomponente zur selektiven, katalytischen Reduktion von Stickoxiden angeordnet sind. Vorgesehen ist, dass der Oxidationskatalysator ein elektrisches Heizelement aufweist, über welches ein Abschnitt des Oxidationskatalysators beheizbar ist. Nach einem Kaltstart wird der Oxidationskatalysator auf seine Anspringtemperatur aufgeheizt und anschließend das weitere Aufheizen durch innermotorische Maßnahmen und eine exotherme Umsetzung von unverbrannten Abgaskomponenten auf dem Oxidationskatalysator unterstützt.

[0005] Die DE 10 2017 123 492 A1 offenbart ein Abgasnachbehandlungssystem für einen Verbrennungsmotor. Das Abgasnachbehandlungssystem weist einen Abgaskanal auf, in dem eine Abgasturbine eines Abgasturboladers, daran anschließend ein erster Katalysator, insbesondere ein Oxidationskatalysator, und dann ein zweiter Katalysator, insbesondere ein SCR-Katalysator oder ein Partikelfilter mit einer SCR-Beschichtung, angeordnet sind. Vorgesehen ist, dass ein Bypasskanal den Abgaskanal stromaufwärts der Abgasturbine mit dem Abgaskanal stromabwärts des ersten Katalysators und stromaufwärts des zweiten Katalysators verbindet, wobei in dem Bypasskanal ein dritter Katalysator, insbesondere ein Oxidationskatalysator, angeordnet ist. Bei einem Schwachlastbetrieb des Verbrennungsmotors wird ein Bypassventil des Bypasskanals geöffnet und dadurch ein Abgasstrom an der Abgasturbine und an dem ersten Katalysator vorbei geleitet sowie durch den in dem Bypasskanal befindlichen dritten Katalysator gereinigt.

[0006] Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, in einer Warmlaufphase im Betrieb einer Brennkraftmaschine möglichst geringe Schadstoffemissionen zu realisieren.

[0007] Diese Aufgabe ist bei der Durchführung eines Verfahrens gemäß dem Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen dieses Verfahrens sind Gegenstände der weiteren Patentansprüche und ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Erfindung.

[0008] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine vorgesehen, wobei die Brennkraftmaschine zumindest einen Verbrennungsmotor, insbesondere einen selbstzündenden Verbrennungsmotor, einen Frischgastrang und einen Abgasstrang umfasst. In den Abgasstrang sind zumindest eine Abgasturbine mit variabler Turbinengeometrie (VTG), die Teil eines Abgasturboladers ist, und eine Abgasnachbehandlungseinrichtung integriert. Die Abgasnachbehandlungseinrichtung oder zumindest einzelne Abgasnachbehandlungskomponenten davon können vorzugsweise stromab (bezüglich der Strömungsrichtung von Abgas durch den Abgasstrang ausgehend von dem Verbrennungsmotor) der Abgasturbine angeordnet sein. In

den Frischgasstrang ist zumindest ein Frischgasverdichter der Abgasturbine integriert. Weiterhin ist eine ND-Abgasrückföhrleitung vorgesehen, die stromab der Abgasturbine und vorzugsweise auch stromab der Abgasnachbehandlungseinrichtung oder zumindest stromab einiger der Abgasnachbehandlungskomponenten davon aus dem Abgasstrang abzweigt und die stromauf (bezüglich der Strömungsrichtung von Frischgas durch den Frischgasstrang in Richtung des Verbrennungsmotors) des Frischgasverdichters in den Frischgasstrang mündet.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass während einer Warmlaufphase, die insbesondere mit einem Kaltstart der Brennkraftmaschine beginnen kann, (zumindest temporär und/oder gleichzeitig)

- die VTG derart eingestellt wird, dass die Verdichtung des Frischgases mittels des Frischgasverdichters im Vergleich zu einem Normalbetrieb in einem entsprechenden Betriebspunkt (d.h. bei gleicher Betriebslast und Betriebsdrehzahl) größer und insbesondere maximiert ist, woraus eine maximale Brennraumfüllung resultieren kann, und
- eine (direkte) Nacheinspritzung von Kraftstoff in zumindest einen Brennraum des Verbrennungsmotors (zumindest auch) während eines Expansionstakts in diesem Brennraum durchgeführt wird und
- Abgas über die ND-Abgasrückföhrleitung geführt wird.

[0010] Ein Einbringen von Kraftstoff ist erfindungsgemäß dann eine Nacheinspritzung, wenn diese zusätzlich und vorzugsweise auch zeitlich beabstandet zu einer zuvor erfolgten Haupteinspritzung erfolgt.

[0011] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass die die Nacheinspritzung in einem Bereich des Drehwinkels (Kurbelwellenwinkel) einer Abtriebswelle des vorzugsweise als Viertakt-Hubkolbenmotor ausgebildeten Verbrennungsmotors, der zwischen 10°KW und 180°KW nach dem oberen OT in einem Arbeitshubzyklus liegt, stattfindet.

[0012] Sofern der Verbrennungsmotor eine Mehrzahl von Brennräumen aufweist, kann die Nacheinspritzung von Kraftstoff in einen, mehrere oder, vorzugsweise, in alle Brennräume erfolgen.

[0013] Zur Realisierung einer "variablen Turbinengeometrie (VTG)" umfasst eine Abgasturbine eine Vorrichtung, mittels der ein Strömungsquerschnitt, über den Abgas zu einem, Turbinenlaufrad der Abgasturbine geführt werden kann, zumindest hinsichtlich der Wirksamkeit veränderbar ist, wozu insbesondere die Größe des freien Strömungsquerschnitts und/oder der Winkel der Anströmung von Schaufeln des Turbinenlaufrads veränderbar sein kann.

[0014] Als "Warmlaufphase" gilt erfindungsgemäß ein Betrieb der Brennkraftmaschine, bei dem zumindest eine Abgasnachbehandlungskomponente der Abgasnachbe-

handlungseinrichtung eine Betriebstemperatur aufweist, die unter der dazugehörigen Anspringtontemperatur liegt. Als "Kaltstart" gilt erfindungsgemäß eine Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine, bei der zumindest eine Abgasnachbehandlungskomponente der Abgasnachbehandlungseinrichtung eine Betriebstemperatur aufweist, die ungefähr (d.h. auch mit einer Abweichung von bis zu 10%, 20% oder 30%) der Umgebungstemperatur entspricht. Eine Warmlaufphase muss sich dabei nicht immer an einen Kaltstart oder an eine Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine mit einer unterhalb einer dazugehörigen Anspringtontemperatur liegenden Betriebstemperatur zumindest einer Abgasnachbehandlungskomponente anschließen; vielmehr kann eine Warmlaufphase auch damit beginnen, dass die Brennkraftmaschine und insbesondere der Verbrennungsmotor davon zuvor derart betrieben wurde, dass die zuvor bereits überschrittene Anspringtontemperatur wieder (für einen definierten Mindestzeitraum) unterschritten wird, wie dies gegebenenfalls bei einem länger andauernden Leerlauf- oder Schubbetrieb des Verbrennungsmotors der Fall sein kann.

[0015] Die Erfindung zielt darauf ab, durch den Kraftstoff, der über die Nacheinspritzung in den zumindest einen Brennraum eingebracht wird, gezielt eine Erhöhung der Temperatur des von dem Verbrennungsmotor erzeugten Abgases zu erreichen. Dieses relativ heiße Abgas kann dann dazu genutzt werden, die Abgasnachbehandlungseinrichtung möglichst schnell aufzuheizen. Durch die relativ spät erfolgende Nacheinspritzung kann erreicht werden, dass dieser Kraftstoff, der noch in dem entsprechenden Brennraum umgesetzt wird, nur noch zu einem geringen Anteil zur Erzeugung von Antriebsleistung des Verbrennungsmotors beiträgt, so dass relativ viel der in dem Kraftstoff gebundenen chemischen Energie als Wärmeenergie des Abgases von dem Verbrennungsmotor abgeführt und damit in den Abgasstrang eingeleitet wird.

[0016] Diese zusätzliche Wärmeenergie steht demnach für ein Aufheizen der Abgasnachbehandlungseinrichtung zur Verfügung.

[0017] Die erfindungsgemäß weiterhin vorgesehen Vergrößerung und insbesondere Maximierung der Verdichtung des Frischgases mittels einer entsprechenden Einstellung der VTG sorgt dafür, dass dem Verbrennungsmotor ausreichend Sauerstoff für eine Umsetzung auch des über die Nacheinspritzung eingebrachten Kraftstoffs zur Verfügung steht.

[0018] Die erfindungsgemäß weiterhin vorgesehene Rückführung von Abgas über die ND-Abgasrückföhrleitung sorgt einerseits dafür, dass die bei den Verbrennungen auftretenden Spitzentemperaturen relativ gering bleiben, was sich vorteilhaft auf die Stickoxidrohmissionen des Verbrennungsmotors auswirkt. Hinzu kommt, dass über die Abgasrückführung eine zusätzliche, inerte Gasmasse in den zumindest einen Brennraum eingebracht und damit auch als Teil des Abgases wieder von dem Verbrennungsmotor abgeführt wird, so dass insge-

samt ein relativ großer Abgasmassen- bzw. Enthalpiestrom realisiert werden kann, der sich vorteilhaft hinsichtlich der angestrebten Aufheizung der Abgasnachbehandlungseinrichtung auswirkt.

[0019] Um zu gewährleisten, dass ein möglichst großer Abgasmassenstrom über die Abgasnachbehandlungseinrichtung und auch über die Abgasturbine geführt wird, kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass die Brennkraftmaschine entweder keine HD-Abgasrückführung, die stromauf der Abgasturbine aus dem Abgasstrang abzweigt und stromab des Frischgasverdichters in den Frischgasstrang mündet, aufweist oder dass dann, wenn die Brennkraftmaschine eine solche HD-Abgasrückführung aufweist, bei dem Betrieb der Brennkraftmaschine während der Warmlaufphase kein oder nur relativ wenig Abgas im Vergleich zu dem Normalbetrieb in dem entsprechenden Betriebspunkt über die HD-Abgasrückführung geführt wird. Dadurch kann sichergestellt werden, dass möglichst viel Wärmeenergie von dem Abgas auf die Abgasnachbehandlungseinrichtung übertragen werden kann und zudem, dass möglichst viel Abgasenthalpie zur Verfügung steht, um über die Abgasturbine eine möglichst große Verdichtungsleistung des Frischgasverdichters realisieren.

[0020] Erfindungsgemäß kann weiterhin bevorzugt vorgesehen sein, dass eine Haupteinspritzung von Kraftstoff in zumindest einen/den Brennraum des Verbrennungsmotors (zumindest auch) während eines Verdichtungsakts in diesem Brennraum verspätet im Vergleich zu dem Normalbetrieb durchgeführt wird. Dadurch soll auch der über die Haupteinspritzung eingebrachte Kraftstoff gezielt so umgesetzt werden, dass ein relativ großer Anteil der darin chemisch gebundenen Energie nicht in Antriebsleistung des Verbrennungsmotors sondern in Wärmeenergie des Abgases gewandelt wird.

[0021] Um zu vermeiden, dass die erfindungsgemäß vorgesehene Erhöhung der Temperatur des Abgases, die insbesondere durch die späte Nacheinspritzung von Kraftstoff bewirkt wird, zu überhöhten Schadstoffemissionen des Verbrennungsmotors führt, kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass ein Einstellen der Kraftstoffmengen, die bei den Nacheinspritzungen in den zumindest einen Brennraum eingebracht werden, in Abhängigkeit von dem Verbrennungsluftverhältnis, mit dem der Verbrennungsmotor betrieben wird, durchgeführt wird. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die Kraftstoffmengen derart eingestellt werden, dass ein Verbrennungsluftverhältnis (λ) von zwischen 0,98 und 1,02 oder von zwischen 1,1 und 1,2 erreicht wird. Ein Verbrennungsluftverhältnis von zwischen 0,98 und 1,02 kann dabei insbesondere dann vorgesehen sein, wenn ein Fokus auf einem Geringhalten der Stickoxidemissionen (NO_x) liegt, während durch ein Verbrennungsluftverhältnis von zwischen 1,1 und 1,2 insbesondere die Rohemissionen von Kohlenmonoxid (CO), unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC) und (Ruß-)Partikeln gering gehalten werden können.

[0022] Der Sauerstoffgehalt des Abgases kann dabei

vorteilhafterweise mittels eines geeigneten Abgassensors, beispielsweise mittels eines konventionellen NO_x -Sensors oder einer Lambdasonde, der in den Abgasstrang integriert sein kann, gemessen werden. Alternativ oder ergänzend ist aber auch eine beispielsweise modellbasierte, rechnerische Ermittlung des Verbrennungsluftverhältnisses möglich, d.h. dieser wird aus den Betriebsparametern der Brennkraftmaschine, insbesondere den eingespritzten Kraftstoffmengen, der Betriebsdrehzahl, dem Ladedruck, etc., berechnet.

[0023] Die Einstellung des Verbrennungsluftverhältnisses kann insbesondere geregelt erfolgen, wobei dann in dem entsprechenden Regelkreis der Sollwert des Verbrennungsluftverhältnisses die Führungsgröße, der Istwert des Verbrennungsluftverhältnisses die Regelgröße und die Kraftstoffmenge, die über die Nacheinspritzung in den Brennraum eingebracht wird, die Stellgröße ist.

[0024] Bei dem Verbrennungsmotor einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine kann es sich insbesondere um einen (selbstzündenden und qualitätsgeregelten) Dieselmotor handeln. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass es sich bei dem Verbrennungsmotor um einen (fremdgezündeten und quantitáts-geregelten) Ottomotor oder um eine Kombination aus selbstzündendem und fremdgezündeten Verbrennungsmotor, z.B. um einen Verbrennungsmotor mit homogener Kompressionszündung, handelt. Der Verbrennungsmotor kann dabei sowohl mit Flüssigkraftstoff (d.h. Diesel oder Benzin) als auch mit einem gasförmigen Kraftstoff (insbesondere Erdgas, LNG oder LPG) betrieben werden.

[0025] Eine erfindungsgemäß betriebene Brennkraftmaschine kann insbesondere zur (direkten oder indirekten) Bereitstellung der Fahrtriebsleistung für ein Kraftfahrzeug vorgesehen sein. Das Kraftfahrzeug kann dabei insbesondere ein radbasiertes und nicht schienengebundenes Kraftfahrzeug (vorzugsweise ein PKW oder ein LKW) sein.

[0026] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Darin zeigt die

Fig. 1 eine für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Brennkraftmaschine in vereinfachter Darstellung.

[0027] Die Fig. 1 zeigt in vereinfachter Darstellung eine für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Brennkraftmaschine für ein Kraftfahrzeug.

[0028] Diese umfasst einen (Viertakt-)Verbrennungsmotor 1, der beispielhaft in Form eines Hubkolbenmotors mit vier in Reihe angeordneten Zylindern 2 ausgestaltet ist. Die Zylinder 2 begrenzen mit darin geführten Hubkolben 3 und einem Zylinderkopf jeweils einen Brennraum 4. Diesen Brennräumen 4 wird im Betrieb des Verbrennungsmotors 1 und damit der Brennkraftmaschine Frischgas über einen Frischgasstrang 5 zugeführt. Bei dem Frischgas handelt es sich zumindest teilweise um

Luft, die aus der Umgebung angesaugt wird und die anschließend über einen Frischgasverdichter 22 geführt wird. Dieser Frischgasverdichter 22 ist Teil eines Abgasturboladers, der weiterhin eine Abgasturbine 6 umfasst, die in einen Abgasstrang 7 der Brennkraftmaschine integriert ist. Abgas, das bei der Verbrennung von Gemischmengen entstanden ist, die aus dem Frischgas sowie aus direkt über Kraftstoffinjektoren (nicht dargestellt) in die Brennräume 4 eingespritztem Kraftstoff bestehen, wird über den Abgasstrang 7 der Brennkraftmaschine abgeführt. Das Abgas durchströmt dabei neben der Abgasturbine 6 auch eine Abgasnachbehandlungseinrichtung 11, die dafür vorgesehen ist, Bestandteile des Abgases, die als Schadstoffe angesehen werden, aus dem Abgas zu entfernen und/oder in unschädliche Bestandteile umzuwandeln.

[0029] Jedem der Brennräume 4 sind gemäß dem in der Fig. 1 dargestellten Ausgestaltungsbeispiel zwei Einlassventile 8 und zwei Auslassventile 9 zugeordnet, die über eine Ventilbetätigungsverrichtung 10, die beispielsweise jeweils eine Nockenwelle (nicht dargestellten) für einerseits die Einlassventile 8 und andererseits die Auslassventile 9 umfassen kann, betätigt werden.

[0030] Im Betrieb des Verbrennungsmotors 1 werden die Hubkolben 3, geführt von einer Pleuelwelle 21, mit der die Hubkolben 3 über Pleuel (nicht dargestellt) verbunden sind, in den Brennräumen 4 oszillierend zwischen einem oberen Totpunkt (OT) und einem unteren Totpunkt (UT) bewegt, wobei die Hubkolben 3 abwechselnd einen Ladungswechselhubzyklus und einen Arbeitshubzyklus durchführen. Der Ladungswechselhubzyklus umfasst eine Ausstoßhubbewegung des jeweiligen Hubkolbens 3 (entsprechend einem Ausstoßtakt in dem dazugehörigen Brennraum 4) sowie eine Ansaughubbewegung (entsprechend einem Ansaugtakt in dem dazugehörigen Brennraum 4). Der Arbeitshubzyklus umfasst eine Verdichtungshubbewegung des jeweiligen Hubkolbens 3 (entsprechend einem Verdichtungs-takt in dem dazugehörigen Brennraum 4) und eine Arbeitshubbewegung (entsprechend einem Arbeitstakt in dem dazugehörigen Brennraum 4). Die vier Hubbewegungen der Hubkolben 3 beziehungsweise die vier entsprechenden Takte der in den Brennräumen 4 ablaufenden Kreisprozesse entsprechen dabei einem Betriebszyklus, der in dem jeweiligen Brennraum 4 des Verbrennungsmotors 1 stattfindet.

[0031] In Abhängigkeit von dem Drehwinkel der Pleuelwelle 21 während der Ladungswechselhubzyklen der einzelnen Hubkolben 3 werden die Einlassventile 8 und die Auslassventile 9 mittels der Ventilbetätigungsverrichtung 10 zu definierten Steuerzeiten geöffnet und geschlossen und dadurch gesteuert Frischgas in die Brennräume 4 eingebracht oder Abgas aus diesen abgeführt.

[0032] Um in einem Betrieb des Verbrennungsmotors 1 mit unterschiedlichen Betriebslasten und unterschiedlichen Betriebsdrehzahlen eine möglichst optimale Nutzung der Enthalpie des Abgases zur Erzeugung von Verdichtungsleistung mittels des Abgasturboladers realisie-

ren zu können, umfasst die Abgasturbine 6 eine mittels einer Steuerungsvorrichtung (nicht dargestellt) ansteuerbare Vorrichtung zur variablen Turbinenanströmung (VTG) 23. Diese kann in bekannter Weise eine Mehrzahl von in einem Einlass der Abgasturbine 6 angeordnete Leitschaufeln (nicht dargestellt) umfassen, die individuell drehbar ausgebildet sind, wobei diese gemeinsame mittels einer Verstellvorrichtung (nicht dargestellt) verstellbar sind. In Abhängigkeit von den Drehstellungen der Leitschaufeln verengen diese den freien Strömungsquerschnitt in dem Einlass der Abgasturbine 6 mehr oder weniger und beeinflussen zudem den Abschnitt der primären Anströmung des Turbinenlaufrads und die Ausrichtung dieser Anströmung.

[0033] Die Abgasnachbehandlungseinrichtung 11 der Brennkraftmaschine umfasst in Strömungsrichtung des Abgases gesehen eine erste Abgasnachbehandlungskomponente 12, bei der es sich um einen Stickoxidspeicherkatalysator oder um eine Kombination aus einem Oxidationskatalysator und einem Stickoxidspeicherkatalysator handeln kann.

[0034] Dieser ersten Abgasnachbehandlungskomponente 12 schließt sich eine zweite Abgasnachbehandlungskomponente in Form eines Partikelfilters 13 an. Dabei ist beispielhaft vorgesehen, dass der Partikelfilter 13 beziehungsweise der diesen ausbildende Filterkörper eine katalytisch wirksame Beschichtung aufweist, wodurch der Partikelfilter 13 gleichzeitig einen ersten SCR-Katalysator der Abgasnachbehandlungseinrichtung 11 darstellt. Die für die katalytische Reduktion von in dem Abgas enthaltenen Schadstoffen, insbesondere Stickoxiden, erforderliche Anwesenheit von Reduktionsmittel in dem Abgas, das den als erster SCR-Katalysator wirksamen Partikelfilter 13 durchströmt, wird mittels einer stromauf des Partikelfilters 13 angeordneten ersten Dosiervorrichtung 14 für ein solches Reduktionsmittel realisiert. Bei dem Reduktionsmittel kann es sich insbesondere um Ammoniak oder um eine ammoniakhaltige Lösung handeln. Zwischen der ersten Dosiervorrichtung 14 und dem Partikelfilter 13 ist eine erste Mischvorrichtung 15 angeordnet, die beispielsweise in Form von Strömungsleitelementen, die Verwirbelungen in der Strömung des bereits mit dem Reduktionsmittel vermischten Abgases bewirken, ausgebildet sein kann.

[0035] Die Abgasnachbehandlungseinrichtung 11 umfasst, in einer Anordnung stromab des Partikelfilters 13, als dritte Abgasnachbehandlungskomponente einen (weiteren) SCR-Katalysator 16. Dem SCR Katalysator 16 ist in einer Anordnung stromauf davon eine zweite Dosiervorrichtung 17 für ein Reduktionsmittel sowie, in einer Anordnung zwischen dieser zweiten Dosiervorrichtung 17 und dem SCR-Katalysator 16, eine zweite Mischvorrichtung 18 zugeordnet. Die zweite Dosiervorrichtung 17 ist vorgesehen, weil zwischen dem Partikelfilter 13 und dieser zweiten Dosiervorrichtung 17 eine ND-Abgasrückführleitung 19 aus dem Abgasstrang 7 abzweigt, über die bedarfsweise, gesteuert mittels eines AGR-Ventils 24, zumindest ein Teil des Abgases in den Frischgas-

strang 5 zurückgeführt werden kann. Die ND-Abgasrückführleitung 19 mündet dazu in einen Abschnitt des Frischgasstrangs 5, der stromauf des Frischgasverdichters 22 gelegen ist. Sofern eine solche ND-Abgasrückführung durchgeführt wird, sollte vermieden werden, dass in dem dabei zurückgeführten Abgas noch nicht umgesetztes Reduktionsmittel enthalten ist. Eine Dosierung mittels der ersten Dosiervorrichtung 14 sollte daher zumindest dann, wenn eine ND-Abgasrückführung durchgeführt wird, derart erfolgen, dass stromab des Partikelfilters 13 möglichst kein Reduktionsmittel mehr in dem Abgas enthalten ist. Dies erfordert dann jedoch ein zusätzliches Einbringen von Reduktionsmittel in das Abgas vor dem SCR-Katalysator 16, um durch diesen eine Reduktion von Stickoxiden realisieren zu können.

[0036] Als in Strömungsrichtung letzte Komponente beziehungsweise als vierte Abgasnachbehandlungskomponente der Abgasnachbehandlungseinrichtung 11 ist ein Sperrkatalysator 20 vorgesehen. Hierbei handelt es sich um einen Oxidationskatalysator, der Reduktionsmittel umsetzt (insbesondere Ammoniak zu N_2 und H_2O), das in dem SCR-Katalysator 16 nicht umgesetzt wurde, so dass ein Freisetzen dieses Reduktionsmittels in die Umgebung vermieden wird.

[0037] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass während einer Warmlaufphase, die sich insbesondere an einen Kaltstart der Brennkraftmaschine anschließen kann, Kraftstoff sowohl über eine Haupteinspritzung, die während der jeweiligen Verdichtungsakte in den Brennräumen 4 durchgeführt wird, als auch über eine Nacheinspritzung, die während der jeweiligen Arbeitakte durchgeführt wird, in die Brennräume 4 eingebracht wird. Im Vergleich zu einem Normalbetrieb der Brennkraftmaschine, der immer oder zumindest meistens dann vorgesehen ist, wenn die Betriebstemperaturen zumindest einiger und insbesondere aller der Abgasnachbehandlungskomponenten oberhalb der jeweiligen Ansprungtemperatur liegen, erfolgt die Haupteinspritzung während der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine relativ spät, wodurch ein relativ großer Anteil der in diesem Kraftstoff chemisch gebundenen Energie zu Wärmeenergie des Abgases und nicht zu Antriebsleistung des Verbrennungsmotors 1 umgewandelt wird. Dasselbe gilt für den über die Nacheinspritzungen eingebrachten Kraftstoff, der nur zu einem geringen Teil zur Erzeugung von Antriebsleistung des Verbrennungsmotors 1 beiträgt und somit hauptsächlich relativ hohe Abgastemperaturen bewirkt. Da sich dies offensichtlich negativ auf den Wirkungsgrad im Betrieb des Verbrennungsmotors 1 auswirkt, ist erfindungsgemäß vorgesehen, diese Nacheinspritzung von Kraftstoff ausschließlich während der Warmlaufphase, nicht jedoch während eines Normalbetriebs der Brennkraftmaschine durchzuführen.

[0038] Durch die erfindungsgemäß vorgesehene Art der Einbringung des Kraftstoffs in die Brennräume 4 wird relativ heißes Abgas erzeugt, das bei der anschließenden Durchströmung des Abgasstrangs 7 zu einem möglichst schnellen Aufheizen der Abgasnachbehandlungs-

einrichtung 11 beiträgt.

[0039] Um dem Verbrennungsmotor 1 ausreichend viel Sauerstoff für eine Umsetzung des gesamten zugeführten Kraftstoffs zuzuführen, ist erfindungsgemäß weiterhin vorgesehen, die VTG 23 während der Warmlaufphase derart einzustellen, dass die Verdichtung des Frischgases mittels des Frischgasverdichters 22 im Vergleich zu dem Normalbetrieb in einem entsprechenden Betriebspunkt des Verbrennungsmotors 1 größer ist. Insbesondere ist vorgesehen, die Verdichtungsleistung des Frischgasverdichters 22 dauerhaft während der Warmlaufphase zu maximieren, soweit dies der Betrieb des Verbrennungsmotors 1 und insbesondere die von diesem angeforderte Antriebsleistung zulässt.

[0040] Zudem wird während der Warmlaufphase Abgas über die ND-Abgasrückführleitung 19 und damit als Teil des Frischgases in die Brennräume 4 des Verbrennungsmotors 1 zurück geführt. Dadurch können zum einen die Stickoxidrohmissionen des Verbrennungsmotors 1 gering gehalten werden. Zum anderen wird dadurch ein relativ großer Abgasmassenstrom erreicht, über den entsprechend viel Wärmeenergie für ein Aufheizen der Abgasnachbehandlungseinrichtung 11 zur Verfügung gestellt wird.

[0041] Durch das relativ weitgehende und insbesondere maximale Schließen der VTG 23 soll demnach ein möglichst großes Sauerstoffangebot - reduziert um einen sinnvollen Anteil an zurückgeführtem Abgas - in den Brennräumen realisiert werden, damit mehr Kraftstoff (unter Berücksichtigung von definierten (Lambda-)Grenzen bezüglich des Verbrennungsluftverhältnisses) zur Steigerung der Abgastemperatur eingespritzt werden kann.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0042]

- | | |
|----|---|
| 1 | (Viertakt-)Verbrennungsmotor |
| 2 | Zylinder |
| 3 | Hubkolben |
| 4 | Brennraum |
| 5 | Frischgasstrang |
| 6 | Abgasturbine |
| 7 | Abgasstrang |
| 8 | Einlassventil |
| 9 | Auslassventil |
| 10 | Ventilbetätigungsverrichtung |
| 11 | Abgasnachbehandlungseinrichtung |
| 12 | erste Abgasnachbehandlungskomponente |
| 13 | Partikelfilter |
| 14 | erste Dosiervorrichtung für ein Reduktionsmittel |
| 15 | erste Mischvorrichtung |
| 16 | SCR-Katalysator |
| 17 | zweite Dosiervorrichtung für ein Reduktionsmittel |
| 18 | zweite Mischvorrichtung |
| 19 | ND-Abgasrückführleitung |
| 20 | Sperrkatalysator |

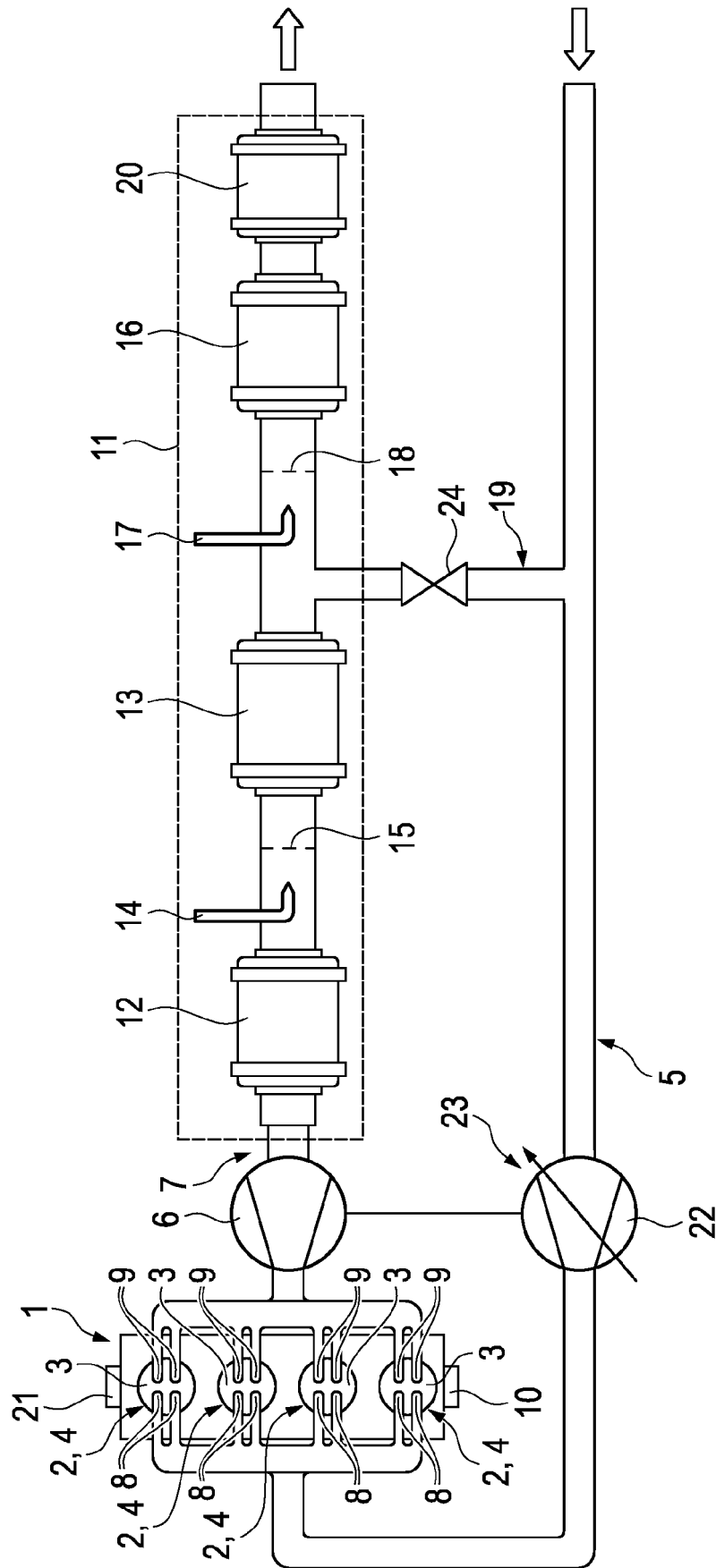
- 21 Kurbelwelle
- 22 Frischgasverdichter
- 23 Vorrichtung zur variablen Turbinenanströmung (VTG)
- 24 AGR-Ventil

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Verbrennungsmotor (1), einem Frischgasstrang (5) und einem Abgasstrang (7), wobei in den Abgasstrang (7) eine Abgasturbine (6) mit variabler Turbinengeometrie (23) eines Abgasturboladers und eine Abgasnachbehandlungseinrichtung (11) integriert sind und in den Frischgasstrang (5) ein Frischgasverdichter (22) des Abgasturboladers integriert ist und wobei eine ND-Abgasrückführleitung (19) stromab der Abgasturbine (6) aus dem Abgasstrang (7) abzweigt und stromauf des Frischgasverdichters (22) in den Frischgasstrang (5) mündet, **dadurch gekennzeichnet, dass** während einer Warmlaufphase
 - die variable Turbinengeometrie (23) derart eingestellt wird, dass die Verdichtung des Frischgases mittels des Frischgasverdichters (22) im Vergleich zu einem Normalbetrieb in einem entsprechenden Betriebspunkt größer ist und
 - Abgas über die ND-Abgasrückführleitung (19) geführt wird und
 - eine Nacheinspritzung von Kraftstoff in zumindest einen Brennraum (4) des Verbrennungsmotors (1) während eines Arbeitstakts in diesem Brennraum (4) durchgeführt wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbrennungsmotor (1) selbstzündend ausgestaltet ist.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkraftmaschine keine HD-Abgasrückführleitung, die stromauf der Abgasturbine (6) aus dem Abgasstrang (7) abzweigt und stromab des Frischgasverdichters (22) in den Frischgasstrang (5) mündet, aufweist oder dass die Brennkraftmaschine eine solche HD-Abgasrückführleitung aufweist, wobei dann kein oder relativ wenig Abgas im Vergleich zu dem Normalbetrieb in dem entsprechenden Betriebspunkt über die HD-Abgasrückführleitung geführt wird.
4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Haupteinspritzung von Kraftstoff in zumindest einen/den Brennraum (4) des Verbrennungsmotors (1) während eines Verdichtungstakts in diesem Brennraum (4) verspätet im Vergleich zu dem Nor-

malbetrieb durchgeführt wird.

5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Einstellung der Kraftstoffmengen, die bei den Nacheinspritzungen in den zumindest einen Brennraum (4) eingebracht werden, in Abhängigkeit von dem Verbrennungsluftverhältnis, mit dem der Verbrennungsmotor betrieben wird, durchgeführt wird.
6. Verfahren gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbrennungsluftverhältnis durch eine Messung des Sauerstoffgehalts des Abgases mittels eines Abgassensors ermittelt wird.
7. Verfahren gemäß Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftstoffmengen derart eingestellt werden, dass das Verbrennungsluftverhältnis von zwischen 0,98 und 1,02 oder von zwischen 1,1 und 1,2 beträgt.





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 16 3275

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2017/314486 A1 (MARLETT CHAD E [US] ET AL) 2. November 2017 (2017-11-02) * Absatz [0036] - Absatz [0037]; Abbildungen *	1-6	INV. F02D41/00 F02D41/02 F02B37/24 F02D41/14 F02D41/40 F02M26/06
A	US 2013/332051 A1 (WOLK MATTHEW [US] ET AL) 12. Dezember 2013 (2013-12-12) * Zusammenfassung *	1	
X	US 2011/139136 A1 (GUO LINSONG [US] ET AL) 16. Juni 2011 (2011-06-16) * Absatz [0150]; Ansprüche 20-25; Abbildung 8 *	1-6	
A	EP 1 574 691 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; DENSO CORP [JP]) 14. September 2005 (2005-09-14) * Zusammenfassung *	1	
A	EP 0 454 943 A1 (PORSCHE AG [DE]) 6. November 1991 (1991-11-06) * Zusammenfassung *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 2007/089400 A1 (HUANG YIQUN [US]) 26. April 2007 (2007-04-26) * Ansprüche 1,3,5; Abbildungen *	1	F02D F02B F02M
A	US 2020/224614 A1 (HU LIANGJUN [US] ET AL) 16. Juli 2020 (2020-07-16) * Zusammenfassung *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 23. August 2022	Prüfer Torle, Erik
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 16 3275

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-08-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 2017314486 A1	02-11-2017	DE 102017108185 A1 US 2017314486 A1	02-11-2017 02-11-2017
15	US 2013332051 A1	12-12-2013	KEINE	
	US 2011139136 A1	16-06-2011	CN 102575550 A DE 112010003863 T5 US 2011139136 A1 US 2011146270 A1 WO 2011041576 A2	11-07-2012 03-01-2013 16-06-2011 23-06-2011 07-04-2011
20	EP 1574691 A2	14-09-2005	EP 1574691 A2 JP 4061280 B2 JP 2005256691 A	14-09-2005 12-03-2008 22-09-2005
25	EP 0454943 A1	06-11-1991	DE 4014398 A1 EP 0454943 A1	07-11-1991 06-11-1991
30	US 2007089400 A1	26-04-2007	US 2007089400 A1 WO 2007050366 A2	26-04-2007 03-05-2007
35	US 2020224614 A1	16-07-2020	CN 111441872 A DE 102020100875 A1 US 2020224614 A1	24-07-2020 16-07-2020 16-07-2020
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102018124869 A1 **[0003]**
- DE 102018220121 A1 **[0004]**
- DE 102017123492 A1 **[0005]**