

(19)



(11)

EP 4 575 218 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.06.2025 Patentblatt 2025/26

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F02M 45/08^(2006.01) F02M 61/18^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24218034.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**F02M 45/086; F02M 61/1806; F02M 61/182;
F02M 61/1826; F02M 2200/44**

(22) Anmeldetag: **06.12.2024**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(71) Anmelder: **MAN Energy Solutions SE
86153 Augsburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **Kunkel, Christian
86161 Augsburg (DE)**
• **Klaau, Thomas
86157 Augsburg (DE)**

(30) Priorität: **19.12.2023 DE 102024132162**

(54) **KRAFTSTOFFINJEKTOR EINER BRENNKRAFTMASCHINE UND BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Kraftstoffinjektor (10) einer Brennkraftmaschine, der ausgebildet ist, einer Brennkammer Kraftstoff zuzuführen, mit einer in einer ersten Nadelführung (12) geführten ersten Düsennadel (14), die mit ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen (16) derart zusammenwirkt, dass dieselbe abhängig von ihrer Position eine Strömung eines ersten, zündunwilligen Kraftstoffs durch die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen freigibt oder versperrt, und mit einer in einer zweiten Nadelführung (13) geführten zweiten Düsennadel (15), die mit zweiten und dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17a, 17b) derart zusammenwirkt, dass dieselbe abhängig von ihrer Position eine Strömung eines zweiten, zündwilligen Kraftstoffs durch die zweiten und dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen ver-

sperrt, oder durch die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen freigibt und durch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen versperrt, oder durch die zweiten und dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen freigibt, wobei die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen (16) eingerichtet sind, den ersten Kraftstoff in einem ersten Sprühkegel mit einem ersten Kegelwinkel (β) einzuspritzen, wobei die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17a) eingerichtet sind, den zweiten Kraftstoff in einem zweiten Sprühkegel mit einem zweiten Kegelwinkel (α_1) einzuspritzen, wobei die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17b) eingerichtet sind, den zweiten Kraftstoff in einem dritten Sprühkegel mit einem dritten Kegelwinkel (α_2) einzuspritzen.

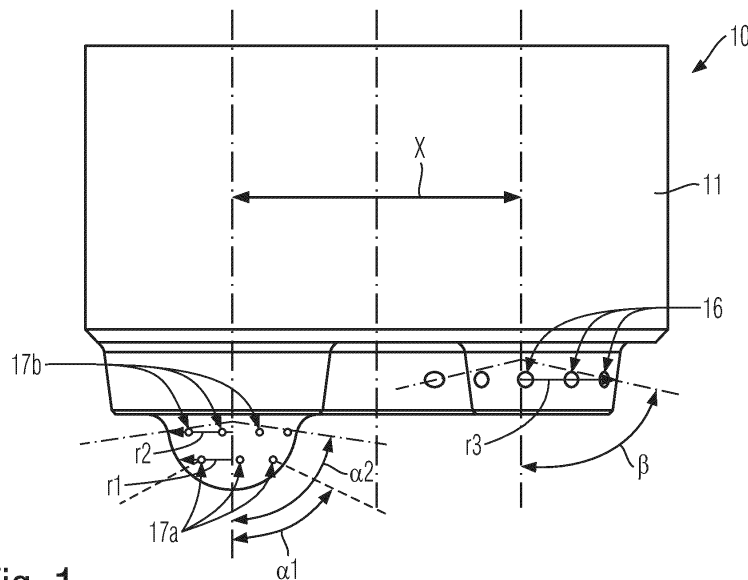


Fig. 1

EP 4 575 218 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor einer Brennkraftmaschine. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Kraftstoffinjektor.

[0002] Die hier vorliegende Erfindung betrifft insbesondere den Bereich sogenannter Großmotoren bzw. Großbrennkraftmaschinen, deren Zylinder Kolbendurchmesser von mindestens 140 mm, insbesondere von mindestens 175 mm, aufweisen. Bei solchen Großbrennkraftmaschinen handelt es sich zum Beispiel um Schiffsmotoren.

[0003] Als Schiffsmotoren sind bereits Dual-Fuel Brennkraftmaschinen bekannt. Aus der Praxis bekannte Dual-Fuel Brennkraftmaschinen können in einem ersten Betriebsmodus betrieben werden, in welchem dieselben einen ersten Kraftstoff, insbesondere einen relativ zündunwilligen Kraftstoff, verbrennen, sowie in einem zweiten Betriebsmodus, in welchem dieselben einen zweiten Kraftstoff, insbesondere relativ zündwilligen Kraftstoff verbrennen.

[0004] Beim ersten, relativ zündunwilligen Kraftstoff kann es sich zum Beispiel um Methanol, Ethanol oder Ammoniak handeln. Bei dem zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoff kann es sich zum Beispiel um einen Dieselmotorkraftstoff handeln. Im ersten Betriebsmodus kann der erste, relativ zündunwilligen Kraftstoff, insbesondere das Methanol, Ethanol oder Ammoniak, kann über den zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoff, insbesondere den Dieselmotorkraftstoff, gezündet werden.

[0005] DE 10 2013 000 048 B3 offenbart einen Kraftstoffinjektor, mithilfe dessen im ersten Betriebsmodus einer Dual-Fuel-Brennkraftmaschine sowohl der erste, relativ zündunwillige Kraftstoff als auch der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff in die Brennkammer eines Zylinders eingebracht werden können. Der dort offenbarte Kraftstoffinjektor verfügt über zwei Düsennadeln, die in entsprechenden Nadelführungen bewegbar geführt sind. Mit einer ersten Düsennadel zusammenwirkende erste Kraftstoffeinspritzöffnungen und mit einer zweiten Düsennadel zusammenwirkende zweite Kraftstoffeinspritzöffnungen sind jeweils entlang einer Kreiskontur angeordnet. Es bestehen deutliche Einschränkungen beim Einspritzen der Kraftstoffe in die Brennkammer eines Zylinders, sodass der Brennraum der Brennkammer nicht optimal genutzt werden kann.

[0006] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen neuartigen Kraftstoffinjektor und eine Brennkraftmaschine mit einem solchen Kraftstoffinjektor zu schaffen. Diese Aufgabe wird durch einen Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1 und eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 10 gelöst.

[0007] Der Kraftstoffinjektor weist eine in einer ersten Nadelführung bewegbar geführte erste Düsennadel auf, die mit ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen derart zusammenwirkt, dass die erste Düsennadel abhängig von ihrer Position entweder eine Kraftstoffströmung des ersten,

relativ zündunwilligen Kraftstoffs durch die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen freigibt oder versperrt. Der Kraftstoffinjektor weist ferner eine in einer zweiten Nadelführung bewegbar geführten zweiten Düsennadel auf, die mit zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen und mit dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen derart zusammenwirkt, dass die zweite Düsennadel abhängig von ihrer Position entweder eine Kraftstoffströmung eines zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoffs sowohl durch die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen als auch durch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen versperrt oder durch die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen freigibt und durch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen versperrt oder sowohl durch die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen als auch durch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen freigibt.

[0008] Die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen sind eingerichtet, den ersten Kraftstoff in einem ersten Sprühkegel mit einem ersten Kegelwinkel in den Brennraum einzuspritzen. Die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen sind eingerichtet, den zweiten Kraftstoff in einem zweiten Sprühkegel mit einem zweiten Kegelwinkel in den Brennraum einzuspritzen. Die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen sind eingerichtet, den zweiten Kraftstoff in einem dritten Sprühkegel mit einem dritten Kegelwinkel in den Brennraum einzuspritzen.

[0009] Mit dem erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor kann sowohl der erste, relativ zündunwillige Kraftstoff als auch der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff optimal in den Brennraum eines Zylinders eingebracht werden. Soll zum Beispiel in einem ersten Betriebsmodus der erste, relativ zündunwillige Kraftstoff unter Zündung mithilfe des zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoffs verbrannt werden, so kann über die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen der erste, relativ zündunwillige Kraftstoff und zum Zünden desselben über die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff in den Brennraum des Zylinders eingespritzt werden. In diesem ersten Betriebsmodus sind die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen vorzugsweise permanent verschlossen. Im zweiten Betriebsmodus, in welchem ausschließlich der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff verbrannt werden soll, sind die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen permanent verschlossen, der zweite Kraftstoff wird dann über die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen und die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen in den Brennraum des jeweiligen Zylinders eingebracht. Der Brennraum einer Brennkammer kann so optimal in beiden Betriebsmodi genutzt werden.

[0010] Vorzugsweise ist der zweite Kegelwinkel kleiner als der dritte Kegelwinkel. Dann, wenn der zweite Kegelwinkel kleiner als der dritte Kegelwinkel ist, kann im ersten Betriebsmodus der zur Zündung des ersten, relativ zündunwilligen Kraftstoffs genutzt zweite, relativ zündwillige Kraftstoff besonders vorteilhaft in den Brennraum eines Zylinders eingespritzt werden.

[0011] Der erste Kegelwinkel ist vorzugsweise kleiner als der zweite Kegelwinkel. Alternativ ist der erste Kegelwinkel größer als der zweite Kegelwinkel und kleiner als

der dritte Kegelwinkel oder alternativ auch größer als der dritte Kegelwinkel.

[0012] Vorzugsweise sind die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen entlang einer Teilkreiscontur, die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen entlang einer ersten Kreiscontur und die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen entlang einer zweiten Kreiscontur angeordnet, wobei der Mittelpunkt der Teilkreiscontur auf einer Längsmittelachse der ersten Nadelführung angeordnet ist, wobei die erste Kreiscontur und die zweite Kreiscontur in der Projektion entlang einer Längsmittelachse der zweiten Nadelführung gesehen konzentrisch zueinander angeordnet sind, derart, dass der Mittelpunkt der ersten Kreiscontur und der Mittelpunkt der zweiten Kreiscontur beide auf der Längsmittelachse der zweiten Nadelführung angeordnet sind, wobei ein Abstand zwischen der Längsmittelachse der ersten Nadelführung und der Längsmittelachse der zweiten Nadelführung größer ist als die Summe des Radius der Teilkreiscontur und des Radius der ersten Kreiscontur und größer ist als die Summe des Radius der Teilkreiscontur und des Radius der zweiten Kreiscontur. Diese Anordnung der ersten, zweiten und dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen ist für eine optimale Nutzung des Brennraums einer Brennkammer eines Zylinders besonders bevorzugt.

[0013] Vorzugsweise ragen im eingebauten Zustand des Kraftstoffinjektors die zweiten und/oder dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen tiefer oder weiter in eine Brennkammer des Zylinders hinein als die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen. Hiermit kann insbesondere im zweiten Betriebsmodus, in welchem ausschließlich der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff verbrannt werden soll, der zweite Kraftstoff besonders vorteilhaft in die Brennkammer des jeweiligen Zylinders eingebracht werden.

[0014] Vorzugsweise sind die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen und die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen in Umfangsrichtung gesehen zumindest teilweise zueinander versetzt. Auch dies dient der optimalen Einbringung von Kraftstoff in die Brennkammer eines Zylinders, insbesondere im zweiten Betriebsmodus, in welchem ausschließlich der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff in die Brennkammer des jeweiligen Zylinders eingebracht wird, nämlich über die zweiten und dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen.

[0015] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1: eine schematisierte Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors;

Fig. 2 einen ersten schematisierten, ausschnittweisen Querschnitt durch den erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor der Fig. 1;

Fig. 3 einen zweiten schematisierten, ausschnitts-

weisen Querschnitt durch den erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor der Fig. 1,

Fig. 4 eine Alternative zur Fig. 3.

[0016] Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor einer Brennkraftmaschine. Ein solcher Kraftstoffinjektor ist dazu ausgebildet, einer Brennkammer eines Zylinders der Brennkraftmaschine Kraftstoff zuzuführen. Der erfindungsgemäße Kraftstoffinjektor dient dabei dazu, einer insbesondere als Dual-Fuel-Brennkraftmaschine ausgebildeten Brennkraftmaschine unterschiedliche Kraftstoffe zuzuführen, so in einem ersten Betriebsmodus dem Einbringen eines ersten, relativ zündunwilligen Kraftstoffs, sowie eines zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoffs, um über den zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoff im ersten Betriebsmodus den ersten, relativ zündunwilligen Kraftstoff zu zünden. Ferner soll in einem zweiten Betriebsmodus, in welchem ausschließlich der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff verbrannt wird, über den Kraftstoffinjektor derselbe in die Brennkammer des Zylinders eingespritzt werden. Beim ersten, relativ zündunwilligen Kraftstoff kann es sich um Methanol, Ethanol oder Ammoniak handeln. Beim zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoff handelt es sich insbesondere um einen Dieselmotorkraftstoff.

[0017] Fig. 1 bis 3 zeigen unterschiedliche Ansichten eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors 10. Der Kraftstoffinjektor 10 verfügt über einen Grundkörper 11, der zwei Nadelführungen 12, 13 bereitstellt. In einer ersten Nadelführung 12 ist eine erste Düsenadel 14 und in einer zweiten Nadelführung 13 eine zweite Düsenadel 15 bewegbar geführt.

[0018] Mit der ersten Düsenadel 14 wirken erste Kraftstoffeinspritzöffnungen 16 derart zusammen, dass die erste Düsenadel 14 abhängig von ihrer Position in der ersten Nadelführung 12 entweder eine Kraftstoffströmung eines ersten, relativ zündunwilligen Kraftstoffs durch die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16 freigibt oder versperrt.

[0019] Mit der zweiten Düsenadel 15 wirken zweite Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a und dritte Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b zusammen.

[0020] Die zweite Düsenadel 15 versperrt in einer ersten Relativposition derselben in der zweiten Nadelführung 13 die Kraftstoffströmung des zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoffs sowohl durch die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a als auch durch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b.

[0021] In einer zweiten Relativposition der zweiten Düsenadel 15 in der zweiten Nadelführung 13 gibt dieselbe die Kraftstoffströmung des zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoffs durch die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a frei, versperrt jedoch die Kraftstoffströmung durch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b.

[0022] In einer dritten Relativposition der zweiten Düsenadel 15 in der zweiten Nadelführung 13 gibt dieselbe die Kraftstoffströmung des zweiten, relativ zündwilligen

Kraftstoffs sowohl durch die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a als auch durch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b frei.

[0023] Die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16, die dem Einbringen des ersten, relativ zündunwilligen Kraftstoffs in die Brennkammer eines Zylinders dienen, sind eingerichtet den ersten Kraftstoff in einem ersten Sprühkegel mit einem ersten Kegelwinkel β in den Brennraum eines jeweiligen Zylinders einzuspritzen. Die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a sind eingerichtet, den zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoff in einem zweiten Sprühkegel mit einem zweiten Kegelwinkel α_1 in den Brennraum des jeweiligen Zylinders einzuspritzen. Die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b sind eingerichtet, den zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoff in einem dritten Sprühkegel mit einem dritten Kegelwinkel α_2 in den Brennraum des jeweiligen Zylinders einzuspritzen. Bei diesen Kegelwinkeln α_1 , α_2 und β handelt es sich gemäß den Fig. 1 bis 4 jeweils um einen Winkel, den eine Mantelfläche des jeweiligen Sprühkegels mit einer Längsmittelachse des jeweiligen Sprühkegels einschließt.

[0024] Es liegt demnach im Sinne der Erfindung, für das Einbringen des zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoffs die zweite Düsenadel 15 zu nutzen, die sowohl mit den zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a als auch mit den dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b zusammenwirkt. Wird eine Brennkraftmaschine mit einem solchen Kraftstoffinjektor im ersten Betriebsmodus betrieben, in welchem ein erster, relativ zündunwilliger Kraftstoff verbrannt und über den zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoff gezündet werden soll, so wird der erste, relativ zündunwillige Kraftstoff über die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16 in den Brennraum des jeweiligen Zylinders eingebracht, der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff vorzugsweise ausschließlich über die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a. Im ersten Betriebsmodus werden dann die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b nicht genutzt. Soll hingegen eine derartige Brennkraftmaschine in einem zweiten Betriebsmodus betrieben werden, in welchem ausschließlich der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff verbrannt wird, so sind die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16 permanent verschlossen und der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff wird sowohl über die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a als auch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b in die Brennkammer des jeweiligen Zylinders eingebracht.

[0025] Der zweite Kegelwinkel α_1 ist vorzugsweise kleiner als der dritte Kegelwinkel α_2 . Der zweite Kegelwinkel α_1 , mit welchem die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a den zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoff in die Brennkammer eines jeweiligen Zylinders einspritzen, ist demnach kleiner als der dritte Kegelwinkel α_2 des dritten Sprühkegels, über welchen die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b den zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoff in die Brennkammer des jeweiligen Zylinders einspritzen. Der dritte Kegelwinkel α_2 beträgt zwischen 66° und 88° , vorzugsweise zwischen 68° und 86° . Der

zweite Kegelwinkel α_1 ist kleiner als der dritte Kegelwinkel α_2 . Vorzugsweise ist der zweite Kegelwinkel α_1 kleiner als 68° , bevorzugt kleiner als 66° .

[0026] Der erste Kegelwinkel β ist vorzugsweise kleiner als der zweite Kegelwinkel α_1 . Alternativ ist der erste Kegelwinkel β größer als der zweite Kegelwinkel α_1 und kleiner als der dritte Kegelwinkel α_2 . Alternativ ist der erste Kegelwinkel β größer als der dritte Kegelwinkel α_2 .

[0027] Die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16, die dem Einspritzen des ersten, relativ zündunwilligen Kraftstoffs dienen, sind vorzugsweise entlang einer Teilkreis-kontur angeordnet. Diese Teilkreis-kontur, auf welcher die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16 angeordnet sind, erstreckt sich über einen Winkelbereich von $360^\circ - \delta$, wobei δ eine Restteilkreis-kontur definiert, auf welcher keine ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16 angeordnet sind. Der Mittelpunkt dieser Teilkreis-kontur ist auf einer Längsmittelachse der ersten Nadelführung 12 angeordnet, die mit einer Längsmittelachse der ersten Düsenadel 14 und der Längsmittelachse des ersten Sprühkegels der ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16 zusammenfällt.

[0028] Die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a und die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b sind beide entlang einer Kreiskontur angeordnet, und zwar die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a entlang einer ersten Kreiskontur und die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b entlang einer zweiten Kreiskontur. Der Mittelpunkt der ersten Kreiskontur und der Mittelpunkt der zweiten Kreiskontur sind beide auf einer Längsmittelachse der zweiten Nadelführung 13 angeordnet, die mit einer Längsmittelachse der zweiten Düsenadel 15 und mit der Längsmittelachse des zweiten Sprühkegels der zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a sowie der Längsmittelachse des dritten Sprühkegels der dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b zusammenfällt.

[0029] Die erste Kreiskontur und die zweite Kreiskontur sind demnach in der Projektion entlang der Längsmittelachse der zweiten Nadelführung 13 und damit in der Projektion entlang der Längsmittelachse der zweiten Düsenadel 15 konzentrisch zueinander angeordnet sind. Dies bedeutet, dass der Mittelpunkt der ersten Kreiskontur, auf welcher die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a angeordnet sind, und der Mittelpunkt der zweiten Kreiskontur, auf welcher die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b angeordnet sind, beide auf der Längsmittelachse der zweiten Nadelführung 13 und damit auf der Längsmittelachse der zweiten Düsenadel 15 angeordnet sind, jedoch in Richtung der Längsmittelachse der zweiten Nadelführung 13 und damit in Richtung der Längsmittelachse der zweiten Düsenadel 15 zueinander versetzt sind.

[0030] Ein Abstand x zwischen der Längsmittelachse der ersten Nadelführung 12 und der Längsmittelachse der zweiten Nadelführung 13 ist größer als die Summe des Radius r_3 der Teilkreis-kontur und des Radius r_1 der ersten Kreiskontur und ferner größer als die Summe des Radius r_3 der Teilkreis-kontur und des Radius r_2 der zweiten Teilkreis-kontur.

[0031] Weder die erste Kreiskontur, auf welcher die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a angeordnet sind, noch die zweite Kreiskontur, auf welcher die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b angeordnet sind, die in der Projektion entlang der Längsmittelachse der zweiten Nadelführung 13 und damit in der Projektion entlang der Längsmittelachse der zweiten Düsenadel 15 gesehen konzentrisch zueinander angeordnet sind, schneiden demnach die Teilkreiskontur, auf welcher die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16 positioniert sind.

[0032] Die durch den Winkel δ definierte Restteilkreiskontur, auf welcher keine ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16 angeordnet sind, ist der ersten Kreiskontur und der zweiten Kreiskontur zugewandt.

[0033] Bei den zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a handelt es sich um diejenigen Kraftstoffeinspritzöffnungen für den zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoff, die im zweiten Betriebsmodus, in welchem ausschließlich der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff verbrannt wird, vor den dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b öffnen. Die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a weisen vorzugsweise eine kleinere Querschnittöffnung als die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b auf.

[0034] Im eingebauten Zustand des Kraftstoffinjektors sind die zweiten und/oder dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a, 17b tiefer oder weiter in einer Brennkammer des Zylinders angeordnet bzw. ragen tiefer oder weiter in die Brennkammer des jeweiligen Zylinders als die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16 hinein. Vorzugsweise ragen sowohl die zweiten als auch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a und 17b tiefer oder weiter in die Brennkammer hinein als die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen 16.

[0035] Fig. 3 und 4 unterscheiden sich durch die Relativposition der zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a und der dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b bezogen auf die Eindringtiefe derselben in die Brennkammer des jeweiligen Zylinders. So sind in Fig. 3 die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a tiefer in der Brennkammer angeordnet als die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b. In Fig. 4 hingegen sind die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b tiefer bzw. weiter in der Brennkammer angeordnet als die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a. Während in Fig. 3 der Düsenadel 15 sowohl vom zweiten Kraftstoff umströmt als auch vom zweiten Kraftstoff durchströmt ist, ist in Fig. 4 die Düsenadel 15 ausschließlich vom zweiten Kraftstoff umströmt.

[0036] Wie oben bereits ausgeführt, weisen die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b einen größeren Strömungsquerschnitt auf als die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a. Dabei kann auch die Anzahl der dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b größer als die Anzahl der zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a sein. Die Anzahl der zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17a kann jedoch auch der Anzahl der dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen 17b entsprechen. Vorzugsweise sind zumindest einige der, besonders bevorzugt alle, zweiten und dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen in Umfangsrich-

tung zueinander versetzt, und zwar auf in der Projektion entlang der Längsmittelachse der zweiten Nadelführung 13 und damit in der Projektion entlang der Längsmittelachse der zweiten Düsenadel 15 gesehen konzentrischen Kreisbahnen.

[0037] Mit der Erfindung kann eine Brennkammer eines Zylinders einer Brennkraftmaschine optimal mit Kraftstoff befüllt werden, und zwar sowohl dann, wenn erster, relativ zündunwilliger Kraftstoff über Zündung mithilfe eines zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoffs verbrannt werden soll, als auch dann, wenn ausschließlich der zweite, relativ zündwillige Kraftstoff verbrannt werden soll. Hierdurch kann der Wirkungsgrad gesteigert werden. Ferner können NOx-Emissionen gesenkt werden.

Bezugszeichenliste

[0038]

10	Kraftstoffinjektor
11	Grundkörper
12	erste Nadelführung
13	zweite Nadelführung
14	erste Düsenadel
15	zweite Düsenadel
16	erste Kraftstoffeinspritzöffnung
17a	zweite Kraftstoffeinspritzöffnung
17b	dritte Kraftstoffeinspritzöffnung

Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor (10) einer Brennkraftmaschine, der ausgebildet ist, einer Brennkammer eines Zylinders der Brennkraftmaschine Kraftstoff zuzuführen,

mit einer in einer ersten Nadelführung (12) bewegbar geführten ersten Düsenadel (14), die mit ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen (16) derart zusammenwirkt, dass die erste Düsenadel (14) abhängig von ihrer Position entweder eine Kraftstoffströmung eines ersten, relativ zündunwilligen Kraftstoffs durch die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen (16) freigibt oder versperrt, mit einer in einer zweiten Nadelführung (13) bewegbar geführten zweiten Düsenadel (15), die mit zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17a) und mit dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17b) derart zusammenwirkt, dass die zweite Düsenadel (15) abhängig von ihrer Position entweder eine Kraftstoffströmung eines zweiten, relativ zündwilligen Kraftstoffs sowohl durch die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17a) als auch durch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17b) freigibt und durch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17b) versperrt oder sowohl durch die zweiten

- Kraftstoffeinspritzöffnungen (17a) als auch durch die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17b) freigibt,
wobei die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen (16) eingerichtet sind, den ersten Kraftstoff in einem ersten Sprühkegel mit einem ersten Kegelwinkel (β) in den Brennraum einzuspritzen, wobei die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17a) eingerichtet sind, den zweiten Kraftstoff in einem zweiten Sprühkegel mit einem zweiten Kegelwinkel (α_1) in den Brennraum einzuspritzen,
wobei die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17b) eingerichtet sind, den zweiten Kraftstoff in einem dritten Sprühkegel mit einem dritten Kegelwinkel (α_2) in den Brennraum einzuspritzen.
2. Kraftstoffinjektor (10) nach Anspruch 1, wobei der zweite Kegelwinkel (α_1) kleiner als der dritte Kegelwinkel (α_2) ist.
3. Kraftstoffinjektor (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der erste Kegelwinkel (β) kleiner als der zweite Kegelwinkel (α_1) ist.
4. Kraftstoffinjektor (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der erste Kegelwinkel (β) größer als der zweite Kegelwinkel (α_1) und kleiner als der dritte Kegelwinkel (α_2) ist.
5. Kraftstoffinjektor (10) nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen (16) entlang einer Teilkreiscontur angeordnet sind, deren Mittelpunkt auf einer Längsmittelachse der ersten Nadelführung (12) angeordnet ist,
wobei die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17a) entlang einer ersten Kreiscontur angeordnet sind,
wobei die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17b) entlang einer zweiten Kreiscontur angeordnet sind,
wobei die erste Kreiscontur und die zweite Kreiscontur in der Projektion entlang einer Längsmittelachse der zweiten Nadelführung (13) konzentrisch zueinander angeordnet sind, derart, dass der Mittelpunkt der ersten Kreiscontur und der Mittelpunkt der zweiten Kreiscontur beide auf der Längsmittelachse der zweiten Nadelführung (13) angeordnet sind,
wobei dass ein Abstand (x) zwischen der Längsmittelachse der ersten Nadelführung (12) und der Längsmittelachse der zweiten Nadelführung (13) größer ist als die Summe des Radius (r_3) der Teilkreiscontur und des Radius (r_1) der ersten Kreiscontur und größer ist als die Summe
- des Radius (r_3) der Teilkreiscontur und des Radius (r_2) der zweiten Kreiscontur.
6. Kraftstoffinjektor (10) nach Anspruch 5, wobei im eingebauten Zustand des Kraftstoffinjektors die zweiten und/oder dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17a, 17b) tiefer oder weiter in eine Brennkammer des Zylinders hineinragen als die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen (16).
7. Kraftstoffinjektor (10) nach Anspruch 5 oder 6, wobei die zweiten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17a) und die dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17b) in Umfangsrichtung gesehen zumindest teilweise zueinander versetzt sind.
8. Kraftstoffinjektor (10) nach Anspruch 5, 6, oder 7, wobei die erste und zweite Kreiscontur, auf welcher die zweiten und dritten Kraftstoffeinspritzöffnungen (17a, 17b) angeordnet sind, jeweils einen Winkelbereich von 360° abdecken.
9. Kraftstoffinjektor (10) nach Anspruch 5, 6, 7 oder 8, wobei die Teilkreiscontur, auf welcher die ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen (16) angeordnet sind, einen Winkelbereich von $360^\circ - \delta$ abdeckt, wobei die durch δ definierte Restteilkreiscontur, auf welcher keine ersten Kraftstoffeinspritzöffnungen (16) angeordnet sind, der ersten und zweiten Kreiscontur zugewandt ist.
10. Brennkraftmaschine, mit Zylindern, die eingerichtet sind, mit Hilfe eines zweiten Kraftstoffs einen ersten Kraftstoff zur Verbrennung desselben in den Zylindern zu zünden,
wobei jeder Zylinder einen Kraftstoffinjektor (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweist.

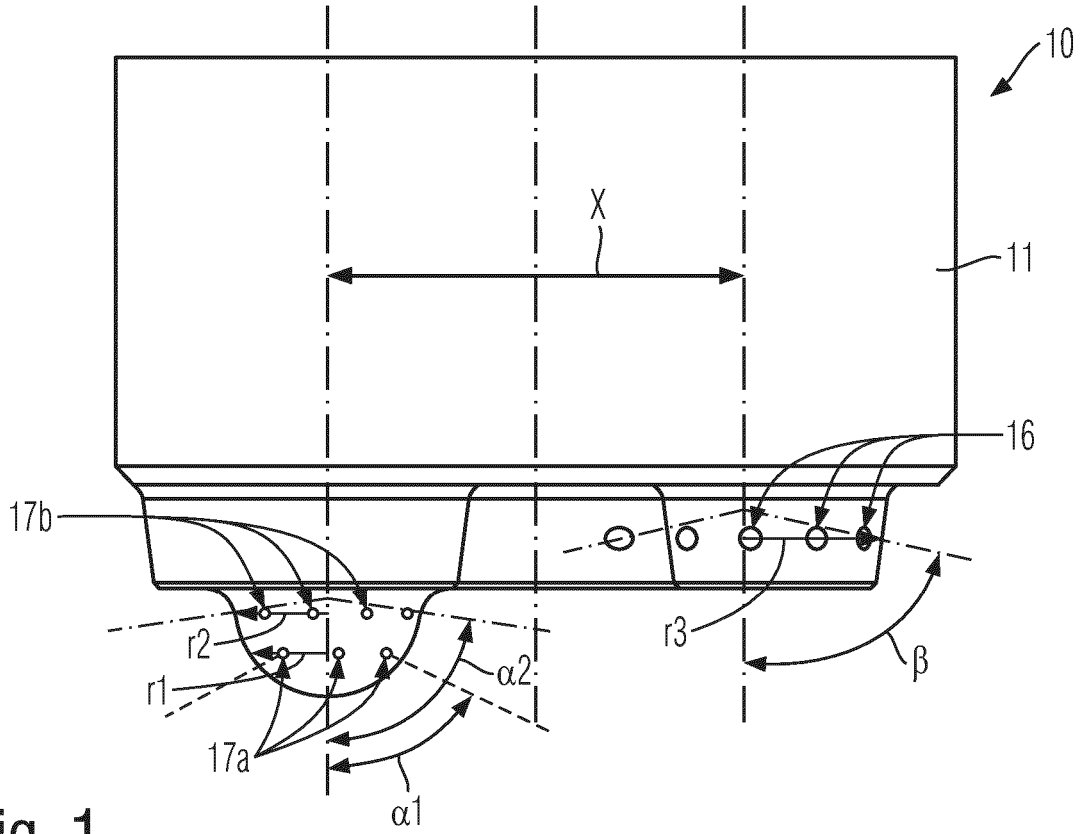


Fig. 1

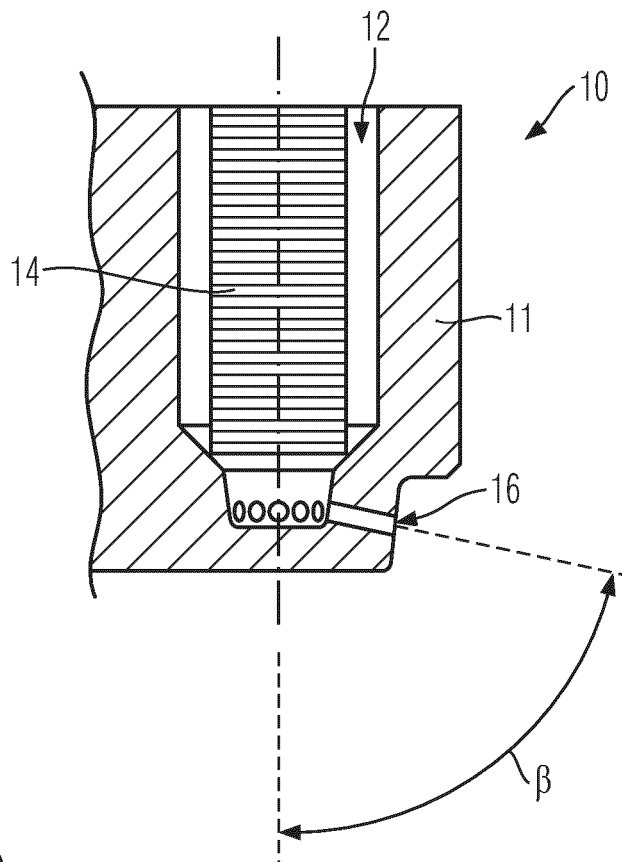


Fig. 2

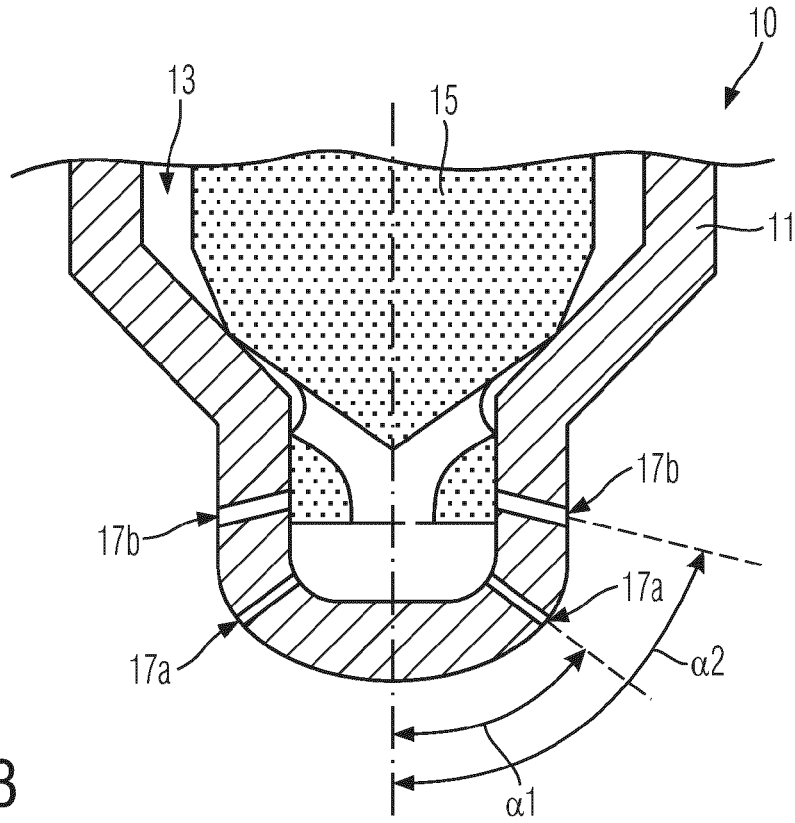


Fig. 3

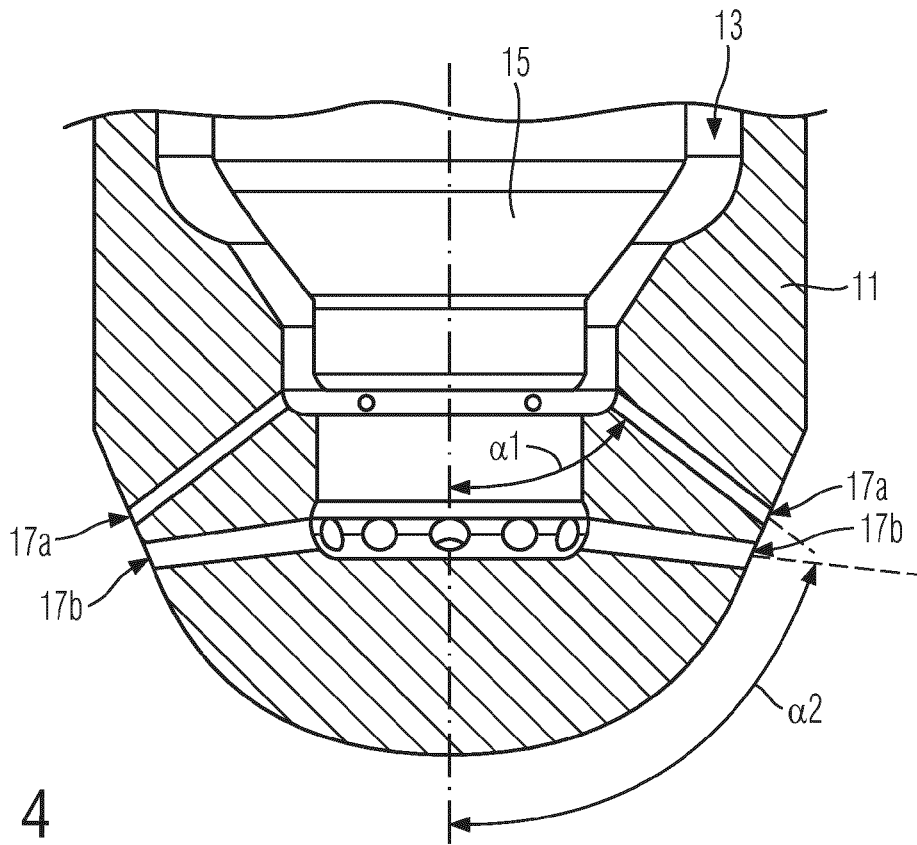


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 21 8034

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 3 743 615 B1 (WAERTSILAE FINLAND OY [FI]) 11. Januar 2023 (2023-01-11) * Abbildungen 1-11 *	1-10	INV. F02M45/08 F02M61/18
A,D	DE 10 2013 000048 B3 (ORANGE GMBH [DE]) 12. Juni 2014 (2014-06-12) * Abbildung 1 *	1-10	
A	EP 2 805 041 B1 (WAERTSILAE FINLAND OY [FI]) 8. Juni 2016 (2016-06-08) * Abbildung 1 *	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		9. April 2025	Morales Gonzalez, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

1
EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

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

EP 24 21 8034

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

09-04-2025

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3743615 B1	11-01-2023	CN 112074660 A	11-12-2020
		EP 3743615 A1	02-12-2020
		KR 20200087868 A	21-07-2020
		WO 2019145593 A1	01-08-2019

DE 102013000048 B3	12-06-2014	DE 102013000048 B3	12-06-2014
		WO 2014106525 A1	10-07-2014

EP 2805041 B1	08-06-2016	CN 104040161 A	10-09-2014
		EP 2805041 A1	26-11-2014
		FI 20125062 A	31-05-2013
		KR 20140111320 A	18-09-2014
		WO 2013107926 A1	25-07-2013

15

20

25

30

35

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 102013000048 B3 [0005]