

(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  
20. Oktober 2022 (20.10.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2022/219082 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02K 9/52 (2006.01) F02K 9/84 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/059948

(22) Internationales Anmeldedatum:

13. April 2022 (13.04.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2021 109 484.4

15. April 2021 (15.04.2021) DE

(71) Anmelder: **DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT-  
UND RAUMFAHRT E.V.** [DE/DE]; Königswinterer Str.  
522 - 524, 53227 Bonn (DE).

(72) Erfinder: **WERLING, Lukas**; Beethovenstr. 21, 70771  
Leinfelden-Echterdingen (DE). **STARK, Ralf**; Kammer-  
adern 10, 74219 Möckmühl (DE). **WILHELM, Marius**;  
Lindenstraße 8, 74842 Billigheim (DE).

(74) Anwalt: **FLECK, H.-j.**; 14 69, Klingengasse 2, 71665 Vai-  
hingen/Enz (DE).

(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, IT, JM, JO, 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, ST, SV, SY, TH,

(54) Title: POWER PLANT UNIT FOR A ROCKET DRIVE AND COMBUSTION CHAMBER DEVICE

(54) Bezeichnung: TRIEBWERKSEINHEIT FÜR EINEN RAKETENANTRIEB UND BRENNKAMMERVORRICHTUNG

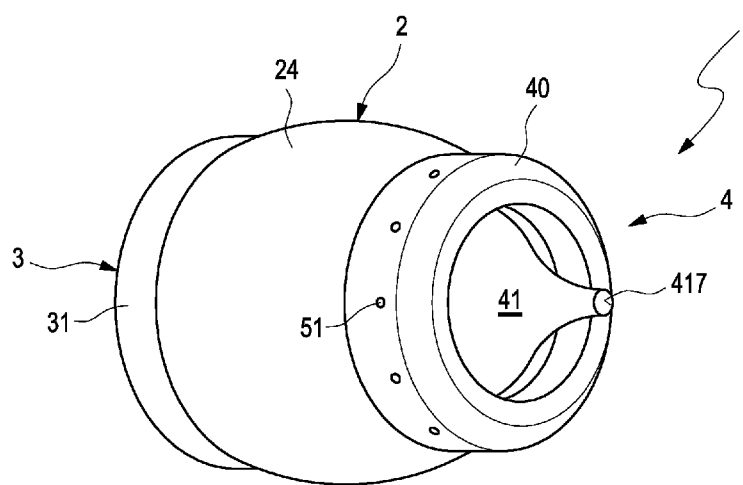


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a power plant unit (1) for a rocket drive, with a combustion chamber (2) which extends along a centre longitudinal axis and has a surrounding wall (24), an injector unit (3) which is mounted at the input side of said combustion chamber and comprises injector elements (32, 33) which are assigned for supplying a first and a second fuel component to a combustion space and of which at least one has a porous structure, and with a thrust nozzle unit (4) connected to the output side of the combustion chamber (2). The measures contribute to a compact design with efficient operation and possibility of control in that the injector elements (32, 33) are arranged in an inner ring/outer ring configuration encircling the centre longitudinal axis, wherein a barrier preventing the passage of the fuel components into the other injector element (32, 33) in each case is arranged between the radially inner boundary surface of the outer injector element (32) and the radially outer boundary surface of the inner injector element (33).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf eine Triebwerkseinheit (1) für einen Raketenantrieb mit einer um eine Mittel-  
längsachse erstreckten, eine Umwandlung (24) aufweisenden Brennkammer (2), einer an deren Eingangsseite angebrachten Injektorein-  
heit (3), die zum Zuführen einer ersten und einer zweiten Treibstoffkomponente in einen Brennraum zugeordnete Injektorelemente



TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,  
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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(32, 33) umfasst, von denen zumindest eines eine poröse Struktur aufweist, und mit einer an der Ausgangsseite der Brennkammer (2) angeschlossenen Schubdüseneinheit (4). Zu einer kompakten Ausbildung mit effizienter Betriebsweise und Regelungsmöglichkeit tragen die Maßnahmen bei, dass die Injektorelemente (32, 33) in einer um die Mittellängsachse umlaufenden Innenring-Außenring-Konfiguration angeordnet sind, wobei zwischen der radial innen liegenden Grenzfläche des äußeren Injektorelements (32) und der radial außen liegenden Grenzfläche des inneren Injektorelements (33) eine den Durchtritt der Treibstoffkomponenten in das jeweils andere Injektorelement (32, 33) verhindernde Barriere angeordnet ist.

5 Deutsches Zentrum für Luft-  
und Raumfahrt e. V.  
Königswinterer Str. 522 - 524  
53227 Bonn

10

15

- 1 -

### **Triebwerkseinheit für einen Raketenantrieb und Brennkammervorrichtung**

20

Die Erfindung bezieht sich auf eine Triebwerkseinheit für einen Raketenantrieb mit einer um eine Mittellängsachse erstreckten, eine Umwandlung aufweisenden Brennkammer, einer an deren Eingangsseite angebrachten Injektoreinheit, die zum Zuführen einer ersten und einer zweiten Treibstoffkomponente in einen Brennraum zugeordnete Injektorelemente umfasst, von denen zumindest eines eine poröse Struktur aufweist, und mit einer an der Ausgangsseite der Brennkammer angeschlossenen Schubdüseneinheit. Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine Brennkammervorrichtung mit einer so ausgebildeten Brennkammer.

30

Eine Triebwerkseinheit dieser Art ist in der DE 10 2006 029 586 A1 angegeben. Bei dieser bekannten Triebwerkseinheit ist eine Injektoreinheit mit einer domförmigen bzw. kuppelförmigen Porenplatte an einem Einblaskopf aufgenommen, durch die röhrenförmige Injektorelemente umfassend mindestens ein zentrales Injektorelement als Zünder geführt sind, wobei durch die Porenplatte eine erste und durch die röhrenförmigen Injektorelemente eine zweite Treibstoffkomponente in einen Brennraum geführt sind. Dabei sind die Injektorelemente beispielsweise metallische oder kera-

35

5 mische Röhrchen, die in Bohrungen der Porenplatte eingesteckt sind. In einem zentralen Bereich der Porenplatte bzw. des damit versehenen Einblaskopfes ist mindestens ein Injektorelement angeordnet, das als Zünder ausgebildet ist. Damit ergibt sich eine komplexe Bauform mit vielen einzelnen Elementen, die zusammengefügt werden müssen. Zudem können sich abhängig von Aufbau und Anordnung Nachteile bei der Durchmischung ergeben.

10 Auch die JP 2018 - 076 813 A zeigt eine Triebwerkseinheit mit einer Injektoreinheit, welche eine Porenplatte zur Zuführung einer Treibstoffkomponente und durch die Porenplatte geführte röhrenförmige Injektorelemente zur Zuführung einer zweiten Treibstoffkomponente in den Brennraum aufweist.

15 Eine weitere Triebwerkseinheit für einen Raketenantrieb und eine Brennkammervorrichtung dieser Art sind in der WO 2009/080595 A2 angegeben. Eine sich entlang einer Längsachse erstreckende Brennkammer umgibt dabei mit einer Umwandung ringsum einen Brennraum und ist eingangsseitig mit einer Injektoreinheit mit zwei porösen Injektorelementen versehen, über die als zwei Treibstoffkomponenten ein erstes und zweites Fluid, ein Oxidator und ein Brennstoff, in den Brennraum eingeströmt werden. Ausgangsseitig ist an der Brennkammer eine Schubdüseneinheit angeschlossen. Die beiden Injektorelemente sind bezüglich der Längsachse hintereinander angeschlossen und bilden zwischen sich eine Kammer, über die eine Treibstoffkomponente durch das brennraumseitige Injektorelement in den Brennraum strömt, während die andere Treibstoffkomponente durch das von dem Brennraum beabstandete zweite Injektorelemente zugeführt und von dessen dem Brennraum zugekehrter Seite über Leitungsabschnitte in den Brennraum geleitet wird. Trotz vereinfachter Fertigung der porösen Injektoren sind Bohrungen sowie Abdichtungen und Zuführeinrichtungen für das eine Fluid bzw. den Oxidator notwendig, wodurch sich ähnliche Nachteile wie bei einem konventionellen Koaxialinjektor mit erhöhtem Fertigungsaufwand und einer geringen Eignung des Injektors zur Drosselung des Massenstroms ergeben.

20

25

30

In Raumfahrzeugen und Trägerraketen werden im Allgemeinen verschiedene Antriebssysteme unterschieden, insbesondere Kaltgasantriebe, chemische Antriebe, elektrische Antriebe, Nuklearantriebe sowie weitere Konzepte, wie beispielsweise Sonnensegel. Zu den chemischen Antrieben gehören Einkomponentensysteme bzw. Monopropellant-Systeme, Zweikomponentensysteme bzw. Bipropellant-Systeme und Feststoffantriebe. Die vorliegende Erfindung betrifft chemische Antriebe mit Zweikomponentensystemen bzw. Bipropellant-Systemen und umfasst, wie auch die vorstehend genannte WO 2009/080595 A2, Injektionssysteme für derartige chemische Antriebe. Bei Bipropellant-Systemen werden zumeist flüssiger Sauerstoff als Oxidator und Wasserstoff, Methan oder Kerosin als Brennstoff eingesetzt. Weiterhin können hypergole (sich bei Kontakt spontan entzündende) Treibstoff wie Monomethylhydrazin (MMH,  $\text{CH}_6\text{N}_2$ ) als Brennstoff und Distickstofftetroxid ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) als Oxidator in Zweikomponentensystemen eingesetzt werden.

Bei Bipropellant-Systemen kommt dem Injektor oder Einspritzelement eine wichtige Aufgabe zu. Der Injektor verbindet die Zuleitungen von Oxidator und Brennstoff mit der Brennkammer des Raketentriebwerks. Der Injektor eines Raketenantriebs, der mit einem Bipropellant betrieben wird, muss dabei mindestens die folgenden Aufgaben erfüllen: Der Injektor muss eine feine Zerstäubung des Oxidators und Brennstoffs ermöglichen, so dass feine Treibstofftröpfchen entstehen, die schnell verdampfen; eine gute Durchmischung von Oxidator und Brennstoff muss gewährleistet sein; die Brennkammer muss durch das Injektionssystem von der Treibstoffzuleitung entkoppelt und Brennkammerschwingungen müssen gedämpft werden, so dass sich Druckschwankungen nicht in die Treibstoffzuleitungen fortpflanzen können.

Je nach eingesetzter Treibstoffkombination und dem Anforderungsprofil des Raketenantriebs existieren bestimmte Injektionskonzepte bzw. Injektorbauarten, die an die jeweilige Aufgabe angepasst sind. Verschiedene Injektorarten mit jeweiligen Vor- und Nachteilen der Injektionssysteme sind Prall- oder Impinging-Jet-Injektoren, Koaxialin-

jektoren, Drall-(Swirl)-Injektoren, Swirl-Koaxialinjektoren, Showerhead-Injektoren, Pintle-Injektoren und poröse Injektoren.

5 Das vorliegende Injektionskonzept stellt insbesondere eine Kombination aus Prall-Injektor und porösem Koaxialinjektor dar, so dass hier näher auf die Nachteile von Prall-Injektoren und porösen Koaxialinjektoren eingegangen wird.

10 Prall-Injektoren erfordern eine aufwendige und präzise Fertigung, da sich die Treibstoffstrahlen in einem definierten Winkel mit einem definierten Impuls treffen müssen. Bei fehlerhafter Fertigung treffen sich die Treibstoffstrahlen nicht und es kommt zu einer unzureichenden Zerstäubung sowie Mischung von Oxidator und Brennstoff. Die unzureichende Zerstäubung und Mischung kann zu großen Leistungseinbußen und einem Verlöschen des Triebwerks führen.

15 Wird eine Vielzahl an einzelnen Einspritzelementen benötigt, so ist nicht nur eine hohe Präzision bei der Fertigung, sondern auch eine aufwendige Geometrie der Treibstoffzufuhr erforderlich. Der Injektorkopf muss so gestaltet sein, dass alle Bohrungen mithilfe von geeigneten Zuleitungen und Sammlern gleichmäßig mit Oxidator oder Brennstoff versorgt werden. Wird der Injektor nicht gleichmäßig mit Oxidator oder  
20 Brennstoff versorgt, so kann es zu lokalen Variationen im Mischungsverhältnis und zu Hot-Spots innerhalb der Brennkammer kommen. Verschiebungen im Mischungsverhältnis können Leistungsverluste des Triebwerks hervorrufen. Lokale Hot-Spots können eine verstärkte Aufheizung der Brennkammerwand zur Folge haben und zum Versagen der Struktur führen.

25

Die Variation des Treibstoffmassenstroms ist bei Prall-Injektoren nicht oder nur unter hohen Leistungseinbußen möglich. Wird der Oxidator und Brennstoffmassenstrom reduziert, ändert sich die Geschwindigkeit bzw. der Impuls der austretenden Strahlen. So kann es dazu kommen, dass Oxidator- und Brennstoffstrahlen nicht mehr im  
30 korrekten Winkel aufeinandertreffen oder die Zerstäubung und Vermischung nicht

mehr vollständig abläuft. Verschlechtert sich die Zerstäubung sowie die Vermischung der Treibstoffstrahlen, sind hohe Leistungseinbußen des Triebwerks die Folge. Prall-Injektoren sind meist für einen definierten Betriebspunkt und Massenstrom ausgelegt.

5

Bei Prall-Injektoren ist das Aufprägen eines Kühlfilms zum Schutz der Brennkammerwand nur mithilfe von zusätzlichen Einrichtungen wie Kühlfilmlegern oder speziellen Bohrungen im Injektor möglich. Somit kann es beim Einsatz von Prall-Injektoren zu hohen thermischen Lasten an der Brennkammerwand kommen. Die hohe Wärmebelastung kann zum Versagen der Brennkammer führen.

10

Bei porösen Koaxialinjektoren erfolgt die Einspritzung von Oxidator und Brennstoff parallel zur Brennkammerachse. Die Durchmischung beider Komponenten resultiert lediglich aufgrund von Geschwindigkeitsunterschieden zwischen Oxidator und Brennstoff sowie durch die auftretende Turbulenz. Um bei einem gegebenen porösen Koaxialinjektor die Durchmischung von Oxidator und Brennstoff zu steigern und damit die Effizienz des Antriebs zu erhöhen, muss das Brennkammervolumen vergrößert werden. Die Vergrößerung oder Verlängerung der Brennkammer erhöht jedoch das Gewicht des Antriebssystems und steigert damit die Kosten des Antriebs sowie der gesamten Rakete bzw. des Raumfahrzeugs.

15

20

Im Fall eines porösen Injektors nach der vorstehend genannten WO 2009/080595 A2 ergeben sich in diesem Zusammenhang die genannten Nachteile.

25

Eine weitere wesentliche Komponente des Triebwerks von Raketenantrieben bilden die Schubdüsen. In einem Raketentriebwerk werden die heißen Verbrennungsgase der Brennkammer durch eine konvergent-divergent geformte Düse auf eine hohe Ausströmgeschwindigkeit entspannt. Dabei ist die Ausströmgeschwindigkeit proportional zum erreichbaren Schub des Triebwerks. In aktuellen Raketenantrieben werden zu diesem Zweck meist Glockendüsen, und nur noch selten Kegeldüsen, mit

30

einer inneren Durchströmung angewendet. D. h., die Düse hüllt das expandierende Gas ein. Die Bezeichnung Glocke oder Kegel bezieht sich hierbei auf die geometrische Form des divergenten Teils der Düse, der mit Überschallgeschwindigkeiten durchströmt wird. Glockendüsen, die auch als konventionelle Düsen bezeichnet werden, sind meist in einer rotationssymmetrischen Gestalt ausgeführt; selten mit einer planaren Form.

Konventionellen Raketendüsen ist ein konstantes Expansionsverhältnis zu eigen, das begrenzt ist, da die nachteilige Strömungsablösung in der Düse vermieden werden muss. Die erzielbare mittlere Ausströmgeschwindigkeit ist daher ebenfalls konstant. Konventionelle Raketendüsen bieten somit keine Adaption der Ausströmgeschwindigkeit und des Schubes an die Flughöhe, bzw. den herrschenden Außendruck.

Dahingegen bieten unkonventionelle Raketendüsen, wie z. B. die Dual-Bell-Düse, eine Anpassung des Expansionsverhältnisses und folglich des Schubs an die Flughöhe. Besonders heben sich in dieser Gruppe die Aerospike-Düsen hervor. Hier werden die heißen Gase nicht innerhalb einer starren Düse, sondern an einem zentralen Düsenkörper entlang entspannt. Der Vorteil liegt darin, dass sich die freie Scherschicht, die sich zur Umgebung ausbildet, dem Außendruck anpassen kann. Es resultiert ein variables und nahezu verlustfreies Expansionsverhältnis mit jeweils optimaler Schubausbeute.

Eine Ausführung eines Triebwerks mit einer Fluidzuführungsvorrichtung zum Zuführen von mindestens zwei Fluiden, insbesondere zur Zuführung von flüssigem, nicht vorgewärmtem, Oxidator und gasförmigem Brennstoff, beispielsweise flüssigem Sauerstoff und gasförmigem Wasserstoff, ist in der DE 10 2010 043 337 A1 gezeigt. Eine Fluidzuführung weist dabei als fluiddurchlässiges Material insbesondere ein poröses Material auf, welches mittels Stabilisierungsvorrichtungen und/oder durch Stützvorrichtungen stabilisiert ist.

Die WO 97/08442 zeigt einen Raketenantrieb mit einer Brennkammer, die mit einem porösen Metallinjektor versehen ist.

- 5 Die DE 10 2008 022 289 B4 zeigt ein Triebwerk für eine Rakete mit einer Brennkammer und einem an diese anschließenden Düsenraum, in dem ein von Verbrennungsprodukten umströmbarer Zentralkörper als Plugdüse angeordnet ist.

Auch die US 3 929 289 zeigt ein Raketentriebwerk mit einem Plug-Düsenkörper.

10

In der US 3 270 501 ist ein Triebwerk mit einem inneren und äußeren Injektor und einer kompakten Düsenausbildung angegeben, wobei eine konische aerodynamische Spikeform gebildet und eine körperliche Spike-Struktur vermieden ist.

- 15 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Triebwerkseinheit und eine Brennkammervorrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, die mit möglichst wenig Aufwand einen robusten, kompakten Aufbau mit effizienter Betriebsweise erreichen lässt.

- 20 Die US 2019 / 0 003 423 A1 zeigt eine Triebwerkseinheit mit einem stachelförmigen Düseneinsatz (Aerospike) und Maßnahmen zur Kühlung.

Auch die DE 10 2010 010 265 A1 zeigt eine Triebwerkseinheit für einen Raketenantrieb mit einer Kühlvorrichtung, wobei ein Kühlfilm in der Brennkammer bzw. entlang

- 25 einer Düse ausgebildet wird.

In der DE 10 2010 043 337 A1 ist eine Fluidzuführungsvorrichtung für ein Triebwerk zum Zuführen von mindestens zwei Fluiden zu einem Mischraum angegeben. Dabei umfasst eine erste Fluidzuführung ein fluiddurchlässiges Material und eine zweite

Fluidzuführung mindestens ein Zuführelement, welches sich zumindest abschnittsweise durch das fluiddurchlässige Material hindurch erstreckt.

Bei einer in der US 7 137 254 B1 gezeigten weiteren Triebwerkseinheit ist eine Injektor-  
5 reinheit mit Injektorelementen vorhanden, wobei eine Treibstoffkomponente (Oxidator) durch einen zentralen inneren Kanal und eine andere Treibstoffkomponente durch einen sternförmig konturierten Kanal zwischen der Außenfläche des inneren Injektorelements und der Innenfläche des äußeren Injektorelements geführt wird.

10 Die US 2003 / 0 046 923 A1 zeigt eine weitere Triebwerkseinheit mit einem Düsen-einsatz und einem sogenannten Pintle-Injektor.

Diese Aufgabe wird bei einer Triebwerkseinheit mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und bei einer Brennkammervorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 22 gelöst.

15 Hierbei ist vorgesehen, dass die Injektorelemente in einer um die Mittellängsachse umlaufenden Innenring-Außenring-Konfiguration angeordnet sind, wobei zwischen der radial innen liegenden Grenzfläche des äußeren Injektorelements und der radial außen liegenden Grenzfläche des inneren Injektorelements eine den Durchtritt der Treibstoffkomponenten in das jeweils andere Injektorelement verhindernde Barriere  
20 angeordnet ist. Das radial innenliegende Injektorelement kann dabei z. B. als an seinem Außenumfang konturierte oder kreisförmige Scheibe ausgestaltet sein.

Bei diesem Aufbau wird mit dem mindestens einen porösen Injektorelement, insbesondere zwei porösen Injektorelementen, eine vorteilhafte Durchmischung der Treib-  
25 stoffkomponenten bzw. des ersten und zweiten Fluids, insbesondere von Oxidator und Brennstoff, durch den diffusen, flächigen Ausstrom mit geringer Geschwindigkeit in den Brennraum bewirkt, wobei die hervorgerufenen hohen Aufenthaltszeiten eine ausreichende Zeit zur Durchmischung und Reaktion von Oxidator und Brennstoff ermöglichen. Somit wird eine hohe Verbrennungseffizienz des Triebwerks erreicht. Da-  
30 bei können die Außengeometrien der, insbesondere beiden, porösen Injektorelemen-

te so gestaltet sein, dass sich über diese Einspritzelemente ein konstanter Druckverlust und damit eine flächige Einströmung in den Brennraum ergibt. Die flächige und gleichmäßige Einströmung sorgt für eine geringe Einströmgeschwindigkeit und die gute Durchmischung. Wahlweise kann die Geometrie auch so ausgeführt sein, dass

5 eine ungleichförmige Ausströmung aus dem porösen Injektorelement resultiert; so kann beispielsweise an der Innenseite der Umwandung der Brennkammer eine höhere Geschwindigkeit hervorgerufen werden und die Umwandung der Brennkammer durch den Oxidator oder Brennstoff stärker gekühlt werden.

10 Die flächige Ausströmung und die geringen Druckverluste der porösen Injektorelemente ermöglichen die Drosselbarkeit des Triebwerks. So kann die Leistung des Triebwerks in einem weiten Bereich angepasst werden. Diese Regelbarkeit ist insbesondere für Landetriebwerke (Mond-/Mars-Lander) oder zurückkehrende Stufen (wiederverwendbare Raketen) von Vorteil.

15 Die Fertigung der porösen, insbesondere ein- oder beidseitig flach ausgebildeten, Injektorelemente ist deutlich günstiger und einfacher als die Fertigung eines konventionellen Injektorelements. Es sind keine feinen Bohrungen notwendig, die Injektionskanäle entstehen durch einen Sinterprozess der porösen Materialien.

20 Durch eine geeignete Nachbearbeitung (Drehen, Fräsen) der porösen Elemente können die Seitenflächen der Einspritzelemente versiegelt werden. Hierdurch wird eine ungewollte Querströmung und Spaltströmung zwischen den beiden Injektorelementen verhindert.

25 Das Injektorsystem mit den Injektorelementen ist auf kleinem Bauraum realisierbar. Da wenig Bauraum erforderlich ist, eignet sich das Injektorprinzip gut für kleinere Triebwerke wie Lageregelungstriebwerke oder Orbital- und Weltraumantriebe.

Da die meisten Zweikomponententreibstoffe/Bipropellants hohe Verbrennungstemperaturen aufweisen, sind die Injektorelemente und Brennkammerkomponenten vorzugsweise aus einem Material mit hoher zulässiger Einsatz- bzw. Schmelztemperatur und/oder guter Wärmeleitfähigkeit hergestellt. Einsetzbare poröse Materialien sind Sintermetalle beispielsweise aus Bronze ( $\text{CuSn}$ , mit guter Wärmeleitfähigkeit), Sintermetalle aus Superlegierungen wie Inconel 718 (hohe Temperaturfestigkeit) oder poröse keramische Strukturen (hohe zulässige Temperaturen) beispielsweise aus Aluminiumnitrid ( $\text{AlN}$ ), Siliciumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) oder Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Die keramischen Strukturen weisen dabei eine ausreichend große Porosität (insbesondere mehr als 10 %) auf. Zur Einstellung der Druckverluste des Injektors kann die Porosität der eingesetzten Materialien bei der Herstellung entsprechend vorgegeben werden.

Die porösen Materialien erlauben eine gute Drosselbarkeit der Injektoreinheit. Da sich eine flächige Durchströmung der porösen Injektorelemente ergibt, treten geringe Durchströmungsgeschwindigkeiten und damit geringe Druckverluste auf. Bei Variation des Versorgungsdrucks ergibt sich lediglich eine geringe Variation der Strömungsgeschwindigkeit und damit des Druckverlustes. Somit lässt sich der Massenstrom mithilfe des Vordrucks regeln, ohne dass große Druckverluste auftreten.

20

Die porösen Injektorelemente rufen eine diffuse, flächige Ausströmung aus einer Vielzahl an kleinen Poren hervor. Durch die diffuse und flächige Ausströmung wird zusätzlich ein langsamer, dichter Kühlfilm an der Umwandung der Brennkammer und an der Schubdüseneinheit, insbesondere einem Düseneinsatz (Plug-Düse) gelegt. Dieser Kühlfilm verhindert eine Überhitzung der Brennkammer und Plug-Wand und reduziert den Wärmestrom in die entsprechenden Wände. Bei konventionellen Injektoren wird der Kühlfilm hingegen meist über Bohrungen an der Umwandung der Brennkammer aufgebracht. Dabei kommt es zu lokalen Variationen in der Kühlfilmdicke: an Stellen zwischen den Injektorbohrungen ergibt sich eine verringerte Kühlfilmdicke, dort treten höhere Wandtemperaturen und Wärmelasten auf. Das poröse In-

30

jektorelement hingegen sorgt für einen sehr gleichmäßigen Kühlfilm und damit für eine gleichmäßige Verteilung der Wärmelasten an den Brennkammerwänden bzw. der Plug-Wand.

- 5 Die Wände bzw. Umwandung der Brennkammer sowie des Düseneinsatzes (Plug) sind so ausgeführt, dass sie die porösen Materialien bzw. die Injektorelemente in eine Richtung formschlüssig aufnehmen können und ein Verrutschen in axialer Richtung verhindern.
- 10 Durch eine geeignete Auswahl der Porositäten, Flächenverhältnisse und Längen der porösen Injektorelemente für die beiden Treibstoffkomponenten bzw. Oxidator und Brennstoff kann der Druckverlust, die Strömungsgeschwindigkeit und der Massenstrom durch das jeweilige Injektorelement definiert werden.
- 15 Sternförmige Stege und Aussparungen der Injektorelemente in radialer Richtung vergrößern die Kontaktfläche des Oxidator- und Brennstofffilms innerhalb der Brennkammer und erlauben so eine Durchmischung von beiden Fluiden bzw. Gasen. In Kombination mit der flächigen Ausströmung kann so eine gute Durchmischung von Oxidator und Brennstoff auf kurzen Lauflängen und in kurzen Zeiträumen erreicht
- 20 werden. Hierdurch kann einerseits der Bauraum der Brennkammer reduziert werden, andererseits wird die Verbrennungseffizienz und damit die Effizienz des gesamten Triebwerks erhöht.

- Die poröse Struktur der Injektorelemente erlaubt weiterhin eine gute Zerstäubung
- 25 auftretender Oxidator- und Brennstofftröpfchen. Da die Tröpfchengrößen unter anderem von der Größe der Injektorkanäle abhängig sind, ergeben sich bei kleinen Porengrößen feine Tröpfchen, die sehr schnell verdampfen und für eine gute Durchmischung sorgen. Die Tortuosität (Verwindung) der Porenkanäle erzeugt zusätzlich eine hohe Turbulenz im durchströmenden Oxidator oder Brennstoff. Diese Turbulenz
  - 30 kann den Tropfenzerfall und damit die Verdampfung und die Durchmischung weiter

verbessern. Somit steigt auch durch die aufgeprägte Turbulenz die Verbrennungseffizienz und es lassen sich in kleineren Brennkammerräumen höhere Effizienzen erreichen.

- 5 Eine für den Aufbau und die Funktion vorteilhafte Ausgestaltung ergibt sich dadurch, dass die Injektorelemente in einem Injektordeckel aufgenommen sind, welcher auf der Eingangsseite der Brennkammer an deren Umwandung angebracht ist.

10 Dabei besteht eine vorteilhafte Ausbildung darin, dass auf der der Brennkammer zugekehrten Innenseite des Injektordeckels eine Injektoraufnahme für das erste Injektorelement und/oder eine weitere Injektoraufnahme für das zweite Injektorelement ausgebildet ist/sind.

15 Für eine einfache, eindeutige Positionierung und zuverlässige Funktion sind ferner die Maßnahmen von Vorteil, dass zwischen der Injektoraufnahme und der weiteren Injektoraufnahme ein zum Brennraum hin vorstehender Steg angeordnet ist, der mit seiner radial außen liegenden einen Seite an die innen liegende Grenzfläche des äußeren Injektorelements angrenzt und mit seiner radial innen liegenden anderen Seite an die außen liegende Grenzfläche des inneren Injektorelements angrenzt.

20

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Triebwerkseinheit wird dadurch erhalten, dass die Schubdüseneinheit einen stachelförmigen Düseneinsatz (zentralen Düsenkörper) mit einem in Strömungsrichtung ausgangsseitigen Kopfteil und einem zur Eingangsseite verlaufenden schlanken, sich entlang der Mittellängsachse erstreckenden stielartigen Fortsatz aufweist, der an dem Injektordeckel befestigt ist.

25

Im Gegensatz zu einer konventionellen Glockendüse führt diese geometrische Ausgestaltung als Aerospike bzw. Plug-Düse in jedem Betriebszustand zu einer an den Umgebungsdruck angepassten Abströmung des Heißgases. Die Strömung legt sich dabei an die Wand (Außenfläche) des Düseneinsatzes (Plugs) an und ist aufgrund

30

dessen besonderer (an sich bekannter) Ausformung mit glattem Krümmungsverlauf besonders verlustfrei. Im Gegensatz zu konventionellen Glockendüsen, deren Geometrie und Düsenlänge jeweils auf einen bestimmten Außendruck ausgelegt sind, ergeben sich bei Plug-Düsen über einen sehr weiten Druckbereich angepasste Düsenströmungen und somit werden Leistungseinbußen durch Stöße und Ablösungen vermieden. Eine Aerospoke oder Plug-Düse kann deshalb in verschiedenen Flughöhen und für verschiedene Umgebungsdrücke besonders effizient betrieben werden. Gerade wenn ein Raumfahrzeug verschiedenen Drücken ausgesetzt ist (beispielsweise eine Landeeinheit oder Stufe, die auf einem Planeten mit Atmosphäre landen soll), bietet die Aerospoke oder Plug-Düse gegenüber konventionellen Glockendüsen deutliche Leistungsvorteile.

Die Ausgestaltung und Auslegung der Düsengeometrie ist beispielsweise mithilfe des Charakteristiken-Verfahrens möglich. Dieses Verfahren erlaubt die Gestaltung einer besonders verlustfreien Düsengeometrie, so werden Stöße innerhalb des Abgasstrahls vermieden.

Die Herstellung der Brennkammerkomponenten sowie des Düseneinsatzes (Plugs) erfolgt mithilfe eines 3D-Druck-Verfahrens, insbesondere ALM (Additive Layer Manufacturing) / 3D-Druck-Verfahrens. Um hohe Verbrennungstemperaturen zu erlauben, werden die Bauteile der Brennkammer aus Materialien mit hohen Einsatz- und Schmelztemperaturen oder mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit gefertigt. Beispielsweise kann die Brennkammer im ALM-Verfahren aus dem Super-Alloy Inconel 718 oder aus einer CuCr1Zr-Legierung gefertigt werden. Inconel 718 besitzt eine hohe Einsatztemperatur, während CuCr1Zr eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist. Der zusätzliche Vorteil einer hohen Wärmeleitfähigkeit ist, dass eine große Wärmemenge aus der Brennkammer in den Kühlkanal abgeführt werden kann. Als Verfahren zur Herstellung der Brennkammer eignet sich beispielsweise das Powder-Bed-Verfahren, insbesondere das Selective Laser Melting (SLM)-Verfahren, bei dem das Bauteil durch einen Laser in einem Pulverbett Stück für Stück aufgebaut wird.

Durch den Einsatz des ALM-Verfahrens können Geometrien erzeugt werden, die mit herkömmlichen Verfahren entweder nicht erzeugt werden können oder eine Vielzahl an einzelnen Bauteilen erforderlich machen würden. Im Falle des beschriebenen

5 Triebwerks können durch das 3D-Druck-Verfahren Kühlkanalstrukturen innerhalb der Wände bzw. Wandung der Brennkammer sowie des Plugs realisiert werden, die konventionell nicht zu fertigen sind. Das ALM-Verfahren ermöglicht dabei kleine, effiziente Kühlkanäle, die eine gute Wärmeabfuhr von den Wänden in das Kühlmedium ermöglichen. Diese Kühlkanäle erlauben eine Regenerativkühlung der Brennkammer

10 und Schubdüseneinheit (Rückführung der vom Oxidator oder Brennstoff aufgenommenen Wärme in die Brennkammer), die die Gesamteffizienz des Triebwerks steigert.

Die Ausgestaltung der Brennkammer erfolgt so, dass ein möglichst „kugelförmiger“

15 bzw. kugelabschnittförmiger Brennraum entsteht. Diese kugelförmige Geometrie bietet ein kleines Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis. Ein kleines Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis reduziert die Kontaktfläche der heißen Verbrennungsgase mit der Wand und führt so (verglichen mit einem größeren Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis) zu einem verringerten Wärmeeintrag in die Brennkammerwand. Der ver-

20 ringerte Wärmeeintrag reduziert die Belastung der Wandmaterialien, verhindert eine Überhitzung und steigert die Lebensdauer des Triebwerks.

Die genannte Kombination aus poröser Injektoreinheit und Plug/Aerospike-Düsengeometrie ergibt weitere Vorteile.

25 Bei konventionell gefertigten Aerospike-Triebwerken stellt die Überhitzung des Düsenesinsatzes (Plugs) ein großes Problem dar. Die erfindungsgemäße Triebwerkseinheit verhindert die Überhitzung der Brennkammer und des Plugs mithilfe von zwei Kühlmethoden.

Hierbei ist vorgesehen, dass das äußere Injektorelement mit einem Kühlsystem der Brennkammer in Wirkverbindung gebracht ist, wobei ein erstes Fluid als eine der beiden Treibstoffkomponenten vor seiner Einleitung in das äußere Injektorelement durch in der Umwandlung der Brennkammer eingebrachte Brennkammerkühlkanäle geleitet ist, und/oder dass das innere Injektorelement mit einem Kühlsystem der Schubdüseneinheit in Wirkverbindung gebracht ist, wobei ein zweites Fluid als eine andere der beiden Treibstoffkomponenten vor seiner Einleitung in das innere Injektorelement durch in der Schubdüseneinheit, insbesondere dem Düseneneinsatz, eingebrachte Düsenkühlkanäle geleitet ist.

Zu einer effektiven Kühlung tragen dabei die Maßnahmen bei, dass der Düseneneinsatz mit einem von einem eingangsseitigen zweiten Fluideinlass ausgehenden, durch den stielartigen Fortsatz zum Kopfteil verlaufenden zentralen Strömungskanal versehen ist, der in eine Vielzahl vom Kopfteil außenflächennah zur Eingangsseite zurücklaufende Düsenkühlkanäle übergeht, mit welchen das innere Injektorelement eingangsseitig in Strömungsverbindung gebracht ist. Die in den Düseneneinsatz bzw. Plug und die Brennkammerwand eingebrachten Kühlkanäle erlauben sowohl mit Oxidator als auch mit Brennstoff eine sehr wirksame Regenerativkühlung. Zudem trägt der an den Wänden der Brennkammer und des Plugs durch den Einsatz der porösen Injektorelemente und deren geometrische Gestaltung erzeugte Kühlfilm wesentlich zur Kühlung der Brennkammerwandung und des Plugs bei.

Weiterhin wird durch die Formgebung der Bauteile, insbesondere der Injektorelemente, (auf der Zufuhrseite der Treibstoffkomponenten bzw. des Oxidators und des Brennstoffs sowie auch innerhalb der Brennkammer) eine gute Durchmischung der beiden Treibstoffkomponenten im Brennraum erreicht. Eine Verbesserung der Durchmischung erhöht die Verbrennungseffizienz des Triebwerks und ermöglicht kurze Brennkammerlängen, da die chemischen Reaktionen bei besserer Durchmischung innerhalb eines kleineren Volumens schneller und vollständiger ablaufen können. Hierzu trägt vorteilhaft bei, dass im Übergangsbereich zwischen den Brenn-

5 kammerkühlkanälen und der Eingangsseite des äußeren Injektorelements einerseits und den Düsenkühlkanälen der Schubdüseneinheit und der Eingangsseite des inneren Injektorelements andererseits ein Plenum zum Überleiten der Treibstoffkomponenten in das äußere bzw. das innere Injektorelement ausgebildet ist, und weiterhin, dass das äußere und/oder das innere Injektorelement auf seiner von dem Brennraum abgelegenen, eingangsseitigen Begrenzungsfläche in Strömungsrichtung bezüglich der Mittellängsachse im Längsschnitt sich konisch oder gekrümmt erweiternd geformt ist.

10 Zu einer guten Durchmischung tragen ferner die Maßnahmen bei, dass das äußere Injektorelement an seiner radial innen liegenden Grenzfläche und das innere Injektorelement an seiner radial außen liegenden Grenzfläche in Umfangsrichtung umlaufend mit komplementär zueinander geformten, mittelbar (unter Zwischenlage eines Stegs) oder unmittelbar ineinandergreifenden, im Querschnitt wellenförmigen, gezahnten oder mäanderförmigen, Konturen versehen sind.

Die Regenerativkühlung wird zudem dadurch unterstützt, dass die Brennkammerkühlkanäle und/oder die Düsenkühlkanäle von der jeweiligen Treibstoffkomponente bezüglich der Brennraumdurchströmung im Gegenstrom durchströmt sind.

20 Dabei besteht eine vorteilhafte Ausbildung für den Aufbau und die Funktion darin, dass zum Einleiten einer der Treibstoffkomponenten in die Brennkammerkühlkanäle erste Fluideinlässe im ausgangsseitigen Abschnitt der Umwandlung der Brennkammer angeordnet sind.

25 Für die Kühleffizienz ist vorteilhaft vorgesehen, dass mittels des durch das äußere Injektorelement in den Brennraum strömenden ersten Fluids entlang der Innenfläche der Brennkammer beim Betrieb ein Brennkammerkühlfilm gebildet ist und/oder dass mittels des durch das innere Injektorelement in den Brennraum strömenden zweiten

Fluids entlang der Außenfläche des Düseneinsatzes beim Betrieb ein Düsenkühlfilm gebildet ist.

5 Für einen kompakten Aufbau und einen effizienten Betrieb ist weiterhin vorteilhaft vorgesehen, dass die Brennkammer kugelabschnittsförmig ausgestaltet ist.

Der Düseneinsatz bzw. die Plug-Düse wird im Injektordeckel, der auch den Brennkammerdeckel bildet, mittels Gewinde verschraubt. Damit wird das poröse Injektor-  
element zur Zuführung des zweiten Fluids, insbesondere des Brennstoffs, ebenfalls  
10 fixiert. Zusätzliche Verschraubungen oder Befestigungsvorrichtungen entfallen. In  
Analogie dazu fixiert der Injektordeckel das äußere Injektorelement zur Zuführung  
des ersten Fluids, insbesondere Oxidators, an der Brennkammerwandung. Somit  
sind die Injektorelemente über den Düseneinsatz bzw. den Injektordeckel ortsfest an  
der Brennkammerwandung fixiert. Für Versuchszwecke können die Injektorelemente  
15 einfach ausgetauscht werden. Wird die Triebwerkseinheit in einem wiederverwend-  
baren Raumfahrzeug eingesetzt (beispielsweise in Raketenstufen, Space-Planes,  
Kapseln) so erlaubt der so gebildete modulare, verschraubte Aufbau den Tausch und  
die Reparatur oder den Ersatz von beschädigten Elementen mit wenig Aufwand.

20 Ein solcher vorteilhafter Aufbau besteht insbesondere darin, dass der Injektordeckel  
mit einer zentralen Gewindebohrung versehen ist, in die der Düseneinsatz mit einem  
an dem eingangsseitigen Endabschnitt des stielartigen Fortsatzes vorhandenen  
Haltegewinde eingeschraubt ist.

25 Weitere diesbezüglich vorteilhafte Maßnahmen bestehen darin, dass das innere In-  
jektorelement zwischen der dem Brennraum zugewandten Innenseite des Injektor-  
deckels und einer an dem stielartigen Fortsatz des Düseneinsatzes angebrachten  
Injektoranschlagkante (bzw. einen durch einen Absatz gebildeten Anschlag) einge-  
spannt ist.

Zu einem vorteilhaften modularen Aufbau tragen auch die Maßnahmen bei, dass die Umwandung der Brennkammer auf ihrer eingangsseitigen Stirnseite mit Gewindebohrungen versehen ist und dass der Injektordeckel in seinem radial außen liegenden umlaufenden Ringabschnitt mit achsparallel gerichteten Befestigungsbohrungen versehen und mittels durch diese in zugeordnete Gewindebohrungen der Umwandung eingedrehter Befestigungsschrauben stirnseitig an der Brennkammer befestigt ist.

Ferner wird ein robuster, modularer Aufbau dadurch begünstigt, dass das äußere Injektorelement an der dem Brennraum zugewandten Innenseite des Injektordeckels aufgenommen und an diesem befestigt und/oder zwischen diesem und der Stirnseite der Umwandung der Brennkammer festgelegt ist.

Gute Anpassmöglichkeiten an unterschiedliche Erfordernisse werden dadurch erreicht, dass Komponenten der Triebwerkseinheit, insbesondere die Umwandung der Brennkammer und/oder der Düseneinsatz, in 3D-Drucktechnik hergestellt sind.

Zu einer zuverlässigen Funktion und effizienten Betriebsweise tragen ferner die Maßnahmen bei, dass für die Komponenten der Brennkammer, insbesondere die Umwandung der Brennkammer und/oder den Injektordeckel, und/oder für die Schubdüseneinheit ein Material mit hoher zulässiger Einsatz- bzw. Schmelztemperatur und/oder hoher Wärmeleitfähigkeit verwendet ist, wie insbesondere eine Superlegierung oder eine CuCr1Zr Legierung.

Weitere Vorteile für den Aufbau und die Funktion ergeben sich dadurch, dass die Injektorelemente in einem Sinterverfahren hergestellt sind, wobei ein Material mit hoher zulässiger Einsatz- bzw. Schmelztemperatur und/oder mit hoher Wärmeleitfähigkeit verwendet ist, wie Sintermetall aus Bronze CuSn12, Sintermetall aus einer Superlegierung, oder Keramikmaterial aus Aluminiumnitrid, Siliziumnitrid oder Aluminiumoxid.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- 5            Fig. 1        eine Triebwerkseinheit mit Brennkammer, Injektordeckel und Schubdüseneinheit in perspektivischer Außenansicht, seitlich von schräg hinten,
- Fig. 2        die Triebwerkseinheit nach Fig. 1 in Vorderansicht,
- 10           Fig. 3        die Triebwerkseinheit nach Fig. 1 in rückseitiger Ansicht,
- Fig. 4A       einen Längsschnitt der Triebwerkseinheit in perspektivischer seitlicher Ansicht mit Brennkammer, Schubdüseneinheit, Injektordeckel und Injektorelementen sowie mit Pfeilen markierten Strömungsrichtungen zweier Treibstoffkomponenten (erstes und zweites Fluid),
- 15           Fig. 4B       einen weiteren Längsschnitt der Triebwerkseinheit in seitlicher perspektivischer Ansicht mit gegenüber Fig. 4A zusätzlich markiertem Strömungshals im Bereich der Schubdüseneinheit,
- 20           Fig. 4C       einen weiteren Längsschnitt der Triebwerkseinheit in perspektivischer seitlicher Darstellung mit gegenüber Fig. 4A zusätzlich markierter Geometrie der Injektorelemente,
- 25           Fig. 5A       einen Längsschnitt der Brennkammer in perspektivischer seitlicher Darstellung mit Markierung der Kontur bzw. Geometrie ihrer Wandung im Bereich des Düsenhalses,
- 30           Fig. 5B

und 5C einen Querschnitt der Brennkammer im vorderen Bereich (Fig. 5B) bzw. einen Längsschnitt der Brennkammer (Fig. 5C) mit Darstellung von Gewindebohrungen zur Befestigung des Injektordeckels, einer umlaufenden Dichtungsnut sowie Brennkammerkühlkanälen,

5

Fig. 6A einen Düseneinsatz (Plug) der Schubdüseneinheit in seitlicher perspektivischer Ansicht,

10

Fig. 6B den Düseneinsatz nach Fig. 6A im Längsschnitt mit eingetragener, durch Pfeile markierter Strömungsrichtung einer Treibstoffkomponente,

15

Fig. 7A eine schräg seitliche, perspektivische Ansicht des Injektordeckels mit seiner Innenseite,

Fig. 7B einen Längsschnitt des Injektordeckels,

20

Fig. 7C eine Querschnittsdarstellung des vorderen Bereichs der Brennkammer mit axialer Draufsicht des Injektordeckels auf dessen Innenseite,

Fig. 8A

25

und 8B ein Ausführungsbeispiel eines ersten, äußeren Injektorelements in einer perspektivischen Längsschnittdarstellung schräg von dessen Vorderseite (Fig. 8A) und in axialer Draufsicht auf dessen Vorderseite (Fig. 8B),

Fig. 9A

30

und 9B ein Ausführungsbeispiel des zweiten, inneren Injektorelements in einer perspektivischen Längsschnittdarstellung schräg von dessen

Vorderseite (Fig. 9A) und in einer axialen Draufsicht auf dessen Vorderseite (Fig. 9B),

Fig. 10A

5 und 10B ein weiteres Ausführungsbeispiel für das innere Injektorelement in einer perspektivischen Längsschnittdarstellung von schräg vorn (Fig. 10A) und in axialer Draufsicht auf dessen Vorderseite (Fig. 10B) und

Fig. 11A

10 und 11B ein weiteres Ausführungsbeispiel für das innere Injektorelement in perspektivischer Längsschnittdarstellung von schräg vorn (Fig. 11A) und in axialer Draufsicht auf dessen Vorderseite (Fig. 11B).

Fig. 1 zeigt eine Triebwerkseinheit 1 mit einer Brennkammer 2, auf deren Vorderseite  
15 eine Injektoreinheit 3 mit einem Injektordeckel 31 angebracht ist, und in deren rückseitigem Abschnitt eine Schubdüsenereinheit 4 mit einem Düseneinsatz 41 angeordnet ist. Der Düseneinsatz 41 (Plug) ist umlaufend radial beabstandet von einem rückseitigen, hinteren Abschnitt 40 der Umwandung 24 der Brennkammer 2 unter Bildung eines Düsenhalses umgeben. Von dem Düseneinsatz 41 ist ein innerhalb des hinteren Abschnitts 40 der Umwandung 24 liegender Kopfteil zu sehen, der sich stetig  
20 verjüngend in einem schlanken Endabschnitt mit einer quer bzw. senkrecht zu einer Mittellängsachse liegenden Endfläche ausläuft. In dem hinteren Abschnitt 40 der Umwandung 24 sind erste Fluideinlässe 51 umlaufend, insbesondere gleichmäßig, verteilt angeordnet, die in (nachfolgend in weiteren Fig. 4A bis 5C gezeigte) Brennkammerkühlkanäle 52 übergehen und zur Zufuhr einer ersten Treibstoffkomponente  
25 bzw. eines ersten Fluids 6, insbesondere Oxidator oder Brennstoff, dienen.

Fig. 2 zeigt die Triebwerkseinheit 1 in axialer Draufsicht auf die Vorderseite mit dem Injektordeckel 31. In den radialen Randabschnitt des Injektordeckels 31 sind umlaufend unter Abstand axial gerichtete Befestigungsbohrungen 310 zum Anbringen an  
30

der Stirnseite der Umwandung 24 der Brennkammer 2 eingebracht. Zentral in dem Injektordeckel 31 ist ein mit diesem verschraubter vorderer Abschnitt des Düseneinsatzes 41 mit einem Sechskant als Werkzeugansatz sowie ein darin angeordneter zweiter Fluideinlass 43 zum Zuführen einer zweiten Treibstoffkomponente bzw. eines zweiten Fluids 7, beispielsweise Brennstoff oder Oxidator, ersichtlich. Der zweite Fluideinlass 43 führt in Düsenkühlkanäle 410 (die in den Fig. 4A bis 4C sowie 6B gezeigt sind).

Fig. 3 zeigt die Triebwerkseinheit 1 in axialer Draufsicht auf deren Rückseite mit der Brennkammer 2, dem hinteren Abschnitt 40 ihrer Umwandung 24 sowie dem Düseneinsatz 41.

Als Material für die Brennkammer 2, den Injektordeckel 31 und den Düseneinsatz 41 (Plug-Düse) ist beispielsweise eine Kupferlegierung mit hoher Festigkeit gewählt, bei vorliegender Ausführung CuCr1Zr. Diese Legierung bietet eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit bei einer guten Festigkeit. Die hohe Wärmeleitfähigkeit verhindert eine Überhitzung des Triebwerks, da die Wärme der Verbrennung sehr schnell in den Wänden der Triebwerkseinheit, insbesondere der Wandung 24 der Brennkammer 2 und des Düseneinsatzes 41, verteilt wird und dann von einem Kühlmedium aufgenommen werden kann. Je nach erwarteter Verbrennungstemperatur sind für die Brennkammer 2 auch hochtemperaturfeste Legierungen wie Inconel oder Hastelloy, Materialien wie Platin oder Legierungen aus Platin/Rhodium oder Platin/Iridium sowie keramische Materialien einsetzbar. Die eingesetzten Materialien sollen vorzugsweise mithilfe eines 3D-Druck-Verfahrens verarbeitet werden können, um die eingesetzten Kühlkanalstrukturen zu realisieren. Für den Aufbau und auch die Kühlung ist dabei die in Fig. 1 ersichtliche „kugelförmige“ bzw. kugelabschnittförmige geometrische Gestaltung der Brennkammer von Vorteil.

Die Fig. 4A, 4B und 4C zeigen jeweils einen Längsschnitt der Triebwerkseinheit 1 mit der Brennkammer 2, der Injektoreinheit 3 und der Schubdüseneinheit 4, wobei in Fig.

4B der zwischen dem hinteren Abschnitt 40 der Umwandung 24 und dem Kopfteil des Düseneinsatzes 41 gebildete Düsenhals 42 und in Fig. 4C die Injektorgeometrie markiert sind.

- 5 Des Weiteren sind in den Fig. 4A, 4B und 4C die Injektoreinheit 3 mit einem ersten, radial äußeren Injektorelemente 32 und einem zweiten, radial inneren Injektorelement 33 dargestellt, die auf der Innenseite des Injektordeckels 31 aufgenommen sind, sowie das Kühlsystem mit den Brennkammerkühlkanälen 52 für die eine Brennstoffkomponente bzw. das erste Fluid 6, beispielsweise Oxidator, und den Düsenkühlkanälen 410 für die andere Treibstoffkomponente bzw. das zweite Fluid 7, beispielsweise Brennstoff.

Das erste Fluid 6 wird in die ersten Fluideinlässe 51 im hinteren Abschnitt 40 der Umwandung 24 geführt und über die Brennkammerkühlkanäle 52 zwischen der dem Brennraum der Brennkammer 2 zugekehrten Innenseite des Injektordeckels 31 und der von dem Brennraum abgekehrten Außenseite des äußeren Injektorelements 32 in ein dort als Verteilerraum gebildetes Plenum geführt und gelangt von dort durch die Poren des aus porösem Material gefertigten ersten Injektorelements 32 in den Brennraum.

20

Die zweite Treibstoffkomponente bzw. das zweite Fluid 7, beispielsweise Brennstoff, wird in den zweiten Fluideinlass 43 im vorderen Ende des Düseneinsatzes 41 geführt und über einen zentral in dem Düseneinsatz 41 ausgebildeten, in Richtung der Mittellängsachse verlaufenden Strömungskanal in die Düsenkanäle 410 geleitet und über diese zurück über Ausgangsöffnungen in die radial innenliegende Eingangsseite des inneren Injektorelements 33 eingeleitet. Das innere Injektorelement 32 ist ebenfalls aus porösem Material hergestellt, so dass das zweite Fluid 7 über dessen Poren in den Brennraum gelangt und sich dort mit dem ersten Fluid 6 für die Verbrennung durchmischt.

30

Wie in Fig. 4C gezeigt, bildet das erste Fluid 6 entlang der Innenseite der Umwandung 24 der Brennkammer 2 und das zweite Fluid 7 entlang der Außenseite des Düseneneinsatzes 41 einen Kühlfilm, der durch die Gestaltung des ersten und des zweiten Injektorelements 32, 33 vorteilhaft zum Erreichen einer effizienten Kühlung abstimmbar ist, wie der Brennkammerkühlfilm 53 und der Düsenkühlfilm 411 zeigen.

Da bei Raketenantrieben in der Regel der Oxidationsmassenstrom größer als der Brennstoffmassenstrom ist (massenbezogenes Mischungsverhältnis  $> 1$ ), wird der Oxidationsmassenstrom, wie in den Fig. 4A, 4B, 4C gezeigt, hier zur Kühlung der flächenmäßig größeren Brennkammer 2 eingesetzt (Brennkammerkühlung 5). Die vergleichsweise kleinere Fläche des Düseneneinsatzes 41 wird hingegen durch den geringeren Brennstoffmassenstrom gekühlt. Die Fig. 4A, 4B und 4C zeigen ebenfalls die Ausströmung von Oxidator und Brennstoff in die Brennkammer 2 und deuten die entstehenden Kühlfilme, den Brennkammerkühlfilm 53 und den Düsenkühlfilm 411, an, wie insbesondere in Fig. 4C gezeigt. Die Einströmung von Oxidator bzw. Brennstoff zur Erzeugung des Brennkammerkühlfilms 53 bzw. Düsenkühlfilm 411 reduziert somit die Wärmelasten auf diese Bauteile wesentlich. Zwischen den Injektorelementen 32, 33 bzw. zwischen diesen und dem Injektordeckel 31 befinden sich Hohlräume bzw. Verteilerräume als Plenum. Diese Volumina dienen der gleichmäßigen Verteilung von Oxidator und Brennstoff vor der Einströmung in die Injektorelemente 32, 33. Weiterhin sorgen die Verteilerräume für eine gleichmäßige und pulsationsfreie Einströmung in den Brennraum der Brennkammer 2.

Da die höchsten thermischen Lasten im Bereich des Düsenhalses 42 auftreten, wird der Oxidator vorzugsweise im Bereich des Düsenhalses 42 über die ersten Fluideinlässe 51 zugeführt, womit vorteilhaft eine Überhitzung auch in diesem Bereich verhindert werden kann. Die Strömungen in den Brennkammerkühlkanälen 52 und Düsenkühlkanälen 410 sind im Gegenstromprinzip ausgelegt, d. h. die Fluide, insbesondere Oxidator und Brennstoff, in den betreffenden Kühlkanälen strömen unmittelbar unter der Innenfläche 21 der Brennkammerumwandung bzw. der Außenfläche

des Düseneinsatzes 41 entgegen der Strömungsrichtung in dem Brennraum. Hierdurch kann eine Vergleichmäßigung der Wärmeverteilung in der Umwandung 24 der Brennkammer 2 und des Düseneinsatzes 41 erreicht werden. Der in Fig. 4B hervor-  
gehobene Bereich des Düsenhalses 42 ist mittels geeigneter Verfahren, beispiels-  
weise Charakteristikenverfahren, RAO-Verfahren, schuboptimierte Verfahren oder  
dgl., so ausgelegt, dass eine effiziente, stoßfreie und verlustarme Abströmung des  
Heißgases ermöglicht wird. Die Auslegung der Schubdüseneinheit 4 mittels einer der  
genannten Verfahren steigert die Schubausbeute des gesamten Triebwerks.

Fig. 5A zeigt einen Längsschnitt der Brennkammer 2 mit ihrer Umwandung 24 im  
Längsschnitt. Gezeigt sind wiederum erste Fluideinlässe 51 und anschließende  
Brennkammerfluidkanäle 52, die in der Stirnseite 20 der Brennkammer 2 bzw. ihrer  
Umwandung 24 münden, in der auch eine umlaufende Dichtungsnut 23 ausgebildet  
ist. Auch ist die Strömungsrichtung des ersten Fluids 6, insbesondere Oxidators, ein-  
gezeichnet. Aus dieser Darstellung geht auch die Kontur der Brennkammer 2 mit  
dem kugelabschnittförmigen Volumen und der Kontur bzw. Geometrie in der Nähe  
des Düsenhalses 42 hervor, die gemeinsam mit der Kontur des Düseneinsatzes 41  
bzw. Plugs beispielsweise nach dem Charakteristiken- oder RAO-Verfahren ausge-  
legt wird. In die Dichtungsnut 23 wird eine temperaturstabile Dichtung, insbesondere  
Graphitdichtung, zur Abdichtung mit dem Injektordeckel 31 eingelegt. Die Brenn-  
kammer wird, wie vorstehend beschrieben, im 3D-Druckverfahren, insbesondere mit-  
tels SLM (Selective Laser Melting)-Verfahren hergestellt, beispielsweise aus  
CuCr1Zr. Das „kugelförmige“ Volumen ergibt ein vergleichsweise großes Oberfläche-  
zu-Volumen-Verhältnis innerhalb der Brennkammer 2, welches für einen verringerten  
Wärmeeintrag in die Umwandung 24 der Brennkammer sorgt. Die Kontur im Bereich  
des Düsenhalses 42 ist so ausgelegt und gestaltet, dass eine möglichst verlustarme  
Abströmung des Heißgases erreicht wird.

Die Fig. 5B zeigt eine frontseitige axiale Draufsicht auf die Brennkammer 2, wobei  
die Ausgänge der Brennkammer 2 Brennkammerkühlkanäle 52 und Gewindeboh-

rungen 22 zum Befestigen des Injektordeckels 31 und die Dichtungsnut 23 dargestellt sind. Fig. 5C zeigt die Brennkammer 2 im Längsschnitt entlang einer in Fig. 5B eingezeichneten Schnittebene, wobei im stirnseitigen Bereich der Umwandung 24 die Dichtungsnut 23 und die Lage der Gewindebohrungen 22 eingetragen sind.

5

Fig. 6A zeigt den vorzugsweise rotationssymmetrisch zur Mittellängsachse geformten Düseneinsatz 41 (Plug) perspektivisch in seitlicher Ansicht und Fig. 6B im Längsschnitt. An einen vorliegend zwiebel förmigen Kopfteil schließt sich zur Eingangsseite der (hier nicht gezeigten) Brennkammer 2 hin unter stetigem gekrümmten Übergang der Außenfläche ein schlanker, stielartiger Fortsatz an, der in seinem vorderen Bereich im Wesentlichen zylinderförmig gestaltet ist und über zwei Absätze in einen verjüngten, axial ausgedehnten Aufnahmeabschnitt für das (hier nicht gezeigte) innere Injektorelement 33 und einen gegenüber diesem nochmals verjüngten Abschnitt mit einem Einschraubgewinde 416 zur Befestigung in dem (hier ebenfalls nicht gezeigten) Injektordeckel 31 übergeht und über einen weiteren Absatz in einem Werkzeugansatz 412, vorliegend Sechskant, ausläuft. Ausgangsseitig geht der Kopfteil des Düseneinsatzes 41 ebenfalls unter stetiger Krümmung in einen verjüngten Endabschnitt über, dessen endseitiger Durchmesser vorliegend geringer ist als der stielartige vordere Fortsatz und in einer ebenen, rechtwinklig zur Mittellängsachse liegenden Basisfläche 417 endet.

15  
20

In dem Aufnahmeabschnitt für das innere Injektorelement 33 sind die Austrittsöffnungen 414 der in dem Düseneinsatz 41 verlaufenden Düsenkühlkanäle 410 angeordnet, durch die das zweite Fluid 7, beispielsweise der Brennstoff, über einen dort als Plenum gestalteten Verteilerraum eintritt, um anschließend nach Durchströmen der porösen Struktur des inneren Injektorelements 33 in den Brennraum einzuströmen. Die Strömungsrichtung des zweiten Fluids 7, das über den zweiten Fluideinlass 43 zugeführt wird, ist mit Pfeilen markiert. Der von dem Kopfteil aus gesehen erste Absatz in dem stielartigen Fortsatz bildet eine Injektoranschlagkante 415, bzw. Anschlagfläche, die vorliegend rechtwinklig zur Mittellängsachse liegt, während der an

25  
30

den Aufnahmeabschnitt anschließende zweite Absatz eine Anschlagkante 413, bzw. Anschlagfläche, für den Düseneinsatz 41 an der Innenseite des Injektordeckels 31 im mit dem Einschraubgewinde 416 eingeschraubten Zustand bildet.

- 5 Die Kontur des als Aerospike gestalteten Düseneinsatzes 41 (Plug) wird ebenfalls mithilfe eines geeigneten Auslegungsverfahrens bestimmt, um eine möglichst parallel und verlustfreie Abströmung des Heißgases entlang der Kontur des Düseneinsatzes 41 zu ermöglichen. Die ausgangsseitige Spitze des Düseneinsatzes 41 ist mit der kreisförmigen Basisfläche 417 versehen, um eine dünne Spitze zu vermeiden, die  
10 aufgrund der thermischen und strömungsdynamischen Lasten abbrechen könnte.

Der in Fig. 6B dargestellt zweite Fluideinlass 43 führt zunächst in einen Durchgangskanal bzw. Kühlkanal mit relativ großem Durchmesser und verjüngt sich im weiteren Verlauf in Strömungsrichtung, so dass in den Düsenkühlkanälen 410 höhere Strömungsgeschwindigkeiten als in dem vorangehenden Kühlkanalabschnitt erreicht  
15 werden. Erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten bewirken eine Erhöhung der Reynoldszahl und damit einen verstärkten Wärmeübergang von der Plug-Wand in das Kühlfluid, beispielsweise den Brennstoff. Somit kann auch eine Überhitzung des Materials und der Struktur des Düseneinsatzes 41 vermieden werden.

20

In Fig. 7A ist der Injektordeckel 31 in perspektivischer Darstellung schräg seitlich in Ansicht auf die Innenseite dargestellt. Im radial äußeren umlaufenden Abschnitt des in grober Näherung scheibenförmigen Injektordeckels 31 sind, vorzugsweise gleichmäßig, beabstandet voneinander die in axialer Richtung verlaufenden Befestigungsbohrungen 310 eingebracht, um den, vorliegend kreisförmigen, Injektordeckel 31 an  
25 der Stirnseite 20 der (hier nicht gezeigten) Brennkammer 2, insbesondere der Wandung 24, zu verschrauben. Radial innerhalb dieses umlaufenden Befestigungsringes des Injektordeckels 31 ist die dem Brennraum zugekehrte Innenfläche mit einer, hier zurückversetzten bzw. vertieften, Injektoraufnahme 313 versehen, die auf ihrer radial  
30 inneren Seite von einem nach innen vorstehenden Steg 315 begrenzt ist. Der Steg

315 ist umlaufend mit radial nach außen vorstehenden Vorsprüngen und dazwischen radial nach innen zurücktretenden Vertiefungen versehen, womit sich eine sternförmige Gestalt ergibt, welche vorliegend in axialer Draufsicht rechteckförmige radiale Vorsprünge und dazwischenliegende dreieckförmige radiale Vertiefungen aufweist.

- 5 Auch andere Gestaltungen des sternförmig konturierten Stegs 315 sind möglich, beispielsweise in (anderer) Mäanderform, gerundeter Wellenform oder anderen Zahnformen der Vorsprünge bzw. Zahnücken der Vertiefungen. Die Ausdehnung der Vorsprünge und Vertiefungen in Umlaufrichtung und/oder radialer Richtung und damit z. B. deren Breitenverhältnis in Umlaufrichtung kann, je nach vorzugebendem Strömungsverhältnis von erstem und zweitem Fluid 6, 7, insbesondere Oxidator und  
10 Brennstoff, geeignet gewählt werden.

- Radial innerhalb des Stegs 315 ist eine weitere Injektoraufnahme 314 für das innere Injektorelement 32 gebildet, welche ebenfalls gegenüber der dem Brennraum zugekehrten inneren Ebene des Injektordeckels 31 axial zurückversetzt ist. Dabei bildet  
15 der Steg 315 vorteilhaft eine Barriere bzw. ein Trennmittel zwischen dem äußeren Injektorelement 32 und dem inneren Injektorelement 33.

- Im Zentrum des Injektordeckels 31 ist eine Gewindebohrung 311 für den Düseneinsatz 41 angeordnet, um diesen mit seinem Einschraubgewinde 416 (vgl. Fig. 6A) an  
20 dem Injektordeckel 31 stabil zu verschrauben. Zur Abdichtung zwischen Injektordeckel 31 und Düseneinsatz 41 ist in dem dem Brennraum zugekehrten Endbereich der Gewindebohrung 311 eine Dichtnut 312 ausgebildet, in die ein insbesondere auch temperaturstables Dichtungselement, beispielsweise Graphitdichtung, eingesetzt  
25 wird. Fig. 7 zeigt den Injektordeckel 31 in einem Längsschnitt, wobei die Injektoraufnahme 313, die weitere Injektoraufnahme 314, die Gewindebohrung 311 und eine Befestigungsbohrung 310 ersichtlich sind.

- Fig. 7C zeigt einen Querschnitt des vorderen Endbereichs der Brennkammer 2 in  
30 axialer Draufsicht auf die dem Brennraum zugekehrte Innenseite des Injektordeckels

31 mit eingesetztem äußeren Injektorelement 32 und innerem Injektorelement 33 sowie einen vorderen Abschnitt des Düseneinsatzes 41 mit Düsenkühlkanälen 410 und einem zentralen Kanalbereich nahe dem zentral angeordneten zweiten Fluideinlass 43. Zudem ist der zwischen dem äußeren Injektorelement 32 und dem inneren Injektorelement 33 angeordnete Steg 315 in der in Fig. 7A dargestellten Form zu erkennen.

Die Fig. 8A und 8B zeigen ein Ausführungsbeispiel für das äußere (bzw. erste) Injektorelement 32, in einer perspektivischen Ansicht im Längsschnitt (Fig. 8A) und in axialer Draufsicht von der Vorderseite (Fig. 8B). Die radial innenliegende Grenzfläche des äußeren Injektorelements 32 ist umlaufend sternförmig konturiert, wobei nach innen vorstehende Zähne in axialer Draufsicht dreieckförmig gestaltet und entsprechend den in Fig. 7A gezeigten Vertiefungen des Stegs 315 angepasst sind, und radial nach außen zurückgesetzte Zahnluken rechteckförmig gestaltet und an die rechteckförmigen Vorsprünge des Stegs 315 angepasst sind. Auf der von dem Brennraum abgewandten Vorderseite ist das äußere Injektorelement 32 umlaufend mit einer Abschrägung 321 versehen, die mit der zugeordneten Injektoraufnahme 313 des Injektordeckels 31 einen Verteilerraum bzw. ein Plenum für eine gleichmäßige Zuführung des ersten Fluids 6, beispielsweise den Oxidator, bildet. Aus Fig. 8B ist ersichtlich, dass das Breitenverhältnis der Zähne zu den Zahnluken (z. B. in einem Umkreis in halber Höhe zwischen den Zahnsitzen und dem Grund der Zahnluken) ungleich 1 ist.

Die Fig. 9A und 9B zeigen ein Ausführungsbeispiel des inneren (zweiten) Injektorelements 33, welches ebenfalls an die Kontur des in Fig. 7A gezeigten Stegs 315 angepasst ist, und dazu sternförmig, umlaufend mit radial vorstehenden Zähnen und dazwischen angeordneten Zahnluken gestaltet ist. Die von dem Brennraum abliegende Außenseite des inneren Injektorelements 33 ist ebenfalls abgeschrägt, um auch dort zusammen mit der Begrenzungsfläche der weiteren Injektoraufnahme 314 einen Verteilerraum bzw. ein Plenum zur gleichmäßigen Verteilung des zweiten Flu-

ids 7, insbesondere des Brennstoffs, zu bilden, welches dann durch die Poren des porösen inneren Injektorelements 33 entsprechend verteilt in den Brennraum strömt und dort mit dem ersten Fluid 6, insbesondere Oxidator, durchmischt wird.

- 5 Um die Durchmischung zwischen dem ersten Fluid 6 und dem zweiten Fluid 7 geeignet zu beeinflussen, kann die sternförmige Innenkontur 320 und die sternförmige Außenkontur 330 unterschiedlich geformt sein, wie die Ausführungsbeispiele des inneren Injektorelements 33 nach den Fig. 10A/10B und Fig. 11A/11B zeigen, die auch gegenüber der Außenkontur 330 nach den Fig. 9A/9B abgewandelt sind. Dabei  
10 sind die Vorsprünge nach den Fig. 10A/10B, in denen das innere Injektorelement 33 perspektivisch in einem Längsschnitt (Fig. 10A) und in einer axialen Draufsicht (Fig. 10B) gezeigt ist, tropfenförmig mit endseitiger Verdickung gestaltet, während in Fig. 11A, die ebenfalls einen Längsschnitt in perspektivischer Darstellung zeigt, und Fig. 11B, die wiederum eine axiale Draufsicht zeigt, die Vorsprünge dreieckförmig ausgebildet sind.  
15

Besonders durch die in den Fig. 10A/10B gezeigte tropfenförmige Gestaltung des inneren Injektorelements 33 kann die Kontaktfläche zwischen Oxidator und Brennstoff beim Einströmen in den Brennraum weiter erhöht werden. Hierdurch kann die  
20 Durchmischung der beiden Treibstoffkomponenten weiter gesteigert und die Verbrennungseffizienz und Leistung der Triebwerkseinheit 1 gesteigert werden.

Zur Fertigung der porösen Injektorelemente 32, 33 bietet sich ein Sinterverfahren mit der jeweiligen Konturgestaltung an. Um die Außenseite der Materialien gezielt zu  
25 bearbeiten kann beispielsweise eine spanende Bearbeitung (Fräsen, Drehen) der porösen Elemente erfolgen. Durch die spanende Bearbeitung werden die Elemente an den Außenflächen 332 bzw. Außenseiten (die Seiten, an denen keine Ein- oder Ausströmung erfolgen soll) versiegelt.

Die vorgestellte Triebwerkseinheit 1 ist für einen Raketenantrieb beispielsweise in Raketenstufen, Orbitalantrieben (für Lage- und Bahnregelung oder für Orbitaleinschusstriebwerke), für Landeeinheiten und Sonden für Trägerraketen sowie für Roll-Control-Systeme von Raketen und Stufen bei Nutzung eines Bipropellants (Zwei-  
5 komponententreibstoffs) einsetzbar. Aufgrund der kompakten Bauweise und der Möglichkeit zur Schubregelung ist die erfindungsgemäße Ausgestaltung besonders für Triebwerke von wiederverwendbaren Raumfahrtssystemen sowie Landeeinheiten, zurückkehrenden Stufen und Sonden einsetzbar.

## 5 Ansprüche

1. Triebwerkseinheit (1) für einen Raketenantrieb mit einer um eine Mittellängsachse erstreckten, eine Umwandung (24) aufweisenden Brennkammer (2), einer an deren Eingangsseite angebrachten Injektoreinheit (3), die zum Zuführen  
10 einer ersten und einer zweiten Treibstoffkomponente in einen Brennraum zugeordnete Injektorelemente (32, 33) umfasst, von denen zumindest eines eine poröse Struktur aufweist, und mit einer an der Ausgangsseite der Brennkammer (2) angeschlossenen Schubdüseneinheit (4),  
dadurch gekennzeichnet,  
15 dass die Injektorelemente (32, 33) in einer um die Mittellängsachse umlaufenden Innenring-Außenring-Konfiguration angeordnet sind, wobei zwischen der radial innen liegenden Grenzfläche des äußeren Injektorelements (32) und der radial außen liegenden Grenzfläche des inneren Injektorelements (33) eine den  
Durchtritt der Treibstoffkomponenten in das jeweils andere Injektorelement (32,  
20 33) verhindernde Barriere angeordnet ist.
2. Triebwerkseinheit nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Injektorelemente (32, 33) in einem Injektordeckel (31) aufgenommen  
25 sind, welcher auf der Eingangsseite der Brennkammer (2) an deren Umwandung (24) angebracht ist.

3. Triebwerkseinheit nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass auf der der Brennkammer (2) zugekehrten Innenseite des Injektordeckels  
(31) eine Injektoraufnahme (313) für das erste Injektorelement (32) und/oder  
5 eine weitere Injektoraufnahme (314) für das zweite Injektorelement (33) ausgebildet ist/sind.
4. Triebwerkseinheit nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass zwischen der Injektoraufnahme (313) und der weiteren Injektoraufnahme  
(314) ein zum Brennraum hin vorstehender Steg (315) angeordnet ist, der mit  
seiner radial außen liegenden einen Seite an die innen liegende Grenzfläche  
des äußeren Injektorelements (32) angrenzt und mit seiner radial innen liegenden  
anderen Seite an die außen liegende Grenzfläche des inneren Injektorelements  
15 (33) angrenzt.
5. Triebwerkseinheit nach einem der Ansprüche 2 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Schubdüsenereinheit (4) einen stachelförmigen Düseneinsatz (41) mit  
20 einem in Strömungsrichtung ausgangsseitigen Kopfteil und einem zur Eingangsseite verlaufenden schlanken, sich entlang der Mittellängsachse erstreckenden stielartigen Fortsatz aufweist, der an dem Injektordeckel (31) befestigt ist.
- 25 6. Triebwerkseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das äußere Injektorelement (32) mit einem Kühlsystem der Brennkammer  
(2) in Wirkverbindung gebracht ist, wobei ein erstens Fluid (6) als eine der beiden  
Treibstoffkomponenten vor seiner Einleitung in das äußere Injektorelement

(32) durch in der Umwandung (24) der Brennkammer (2) eingebrachte Brennkammerkühlkanäle (52) geleitet ist, und/oder

dass das innere Injektorelement (33) mit einem Kühlsystem der Schubdüsen-  
einheit (4) in Wirkverbindung gebracht ist, wobei ein zweites Fluid (7) als eine  
5 andere der beiden Treibstoffkomponenten vor seiner Einleitung in das innere  
Injektorelement (32) durch in der Schubdüsen-  
einheit (4), insbesondere dem  
Düseneinsatz (41), eingebrachte Düsenkühlkanäle (410) geleitet ist.

7. Triebwerkseinheit nach Anspruch 5 oder 6,

10 dadurch gekennzeichnet,

dass der Düseneinsatz (41) mit einem von einem eingangsseitigen zweiten  
Fluideinlass (43) ausgehenden, durch den stielartigen Fortsatz zum Kopfteil  
verlaufenden zentralen Strömungskanal versehen ist, der in eine Vielzahl vom  
Kopfteil außenflächennah zur Eingangsseite zurücklaufende Düsenkühlkanäle  
15 (410) übergeht, mit welchen das innere Injektorelement (33) eingangsseitig in  
Strömungsverbindung gebracht ist.

8. Triebwerkseinheit nach Anspruch 6 oder 7,

dadurch gekennzeichnet,

20 dass im Übergangsbereich zwischen den Brennkammerkühlkanälen (52) und  
der Eingangsseite des äußeren Injektorelements (32) einerseits und den Dü-  
senkühlkanälen (410) der Schubdüsen-  
einheit (4) und der Eingangsseite des in-  
neren Injektorelements (33) andererseits ein Plenum zum Überleiten der Treib-  
stoffkomponenten in das äußere bzw. das innere Injektorelement (32, 33) aus-  
25 gebildet ist.

9. Triebwerkseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

30 dass das äußere und/oder das innere Injektorelement (32, 33) auf seiner von  
dem Brennraum abgelegenen, eingangsseitigen Begrenzungsfläche in Strö-

mungsrichtung bezüglich der Mittellängsachse im Längsschnitt sich konisch oder gekrümmt erweiternd geformt ist.

10. Triebwerkseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass das äußere Injektorelement (32) an seiner radial innen liegenden Grenzfläche und das innere Injektorelement (33) an seiner radial außen liegenden Grenzfläche in Umfangsrichtung umlaufend mit komplementär zueinander geformten, mittelbar oder unmittelbar ineinandergreifenden, im Querschnitt wellenförmigen, gezahnten oder mäanderförmigen, Konturen versehen sind.  
10
11. Triebwerkseinheit nach einem der Ansprüche 6 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Brennkammerkühlkanäle (52) und/oder die Düsenkühlkanäle (410) von  
15 der jeweiligen Treibstoffkomponente bezüglich der Brennraumdurchströmung im Gegenstrom durchströmt sind.
12. Triebwerkseinheit nach einem der Ansprüche 6 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 dass zum Einleiten einer der Treibstoffkomponenten in die Brennkammerkühlkanäle (52) erste Fluideinlässe (51) im ausgangsseitigen Abschnitt der Umwandung (24) der Brennkammer (2) angeordnet sind.
13. Triebwerkseinheit nach einem der Ansprüche 7 bis 12,  
25 dadurch gekennzeichnet,  
dass mittels des durch das äußere Injektorelement (32) in den Brennraum strömenden ersten Fluids (6) entlang der Innenfläche (21) der Brennkammer (2) beim Betrieb ein Brennkammerkühlfilm (53) gebildet ist und/oder

dass mittels des durch das innere Injektorelement (33) in den Brennraum strömenden zweiten Fluids (7) entlang der Außenfläche des Düseneinsatzes (41) beim Betrieb ein Düsenkühlfilm (411) gebildet ist.

- 5 14. Triebwerkseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Brennkammer (2) kugelabschnittsförmig ausgestaltet ist.
- 10 15. Triebwerkseinheit nach einem der Ansprüche 5 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Injektordeckel (31) mit einer zentralen Gewindebohrung (311) versehen ist, in die der Düseneinsatz (41) mit einem an dem eingangsseitigen Endabschnitt des stielartigen Fortsatzes vorhandenen Haltegewinde eingeschraubt ist.
- 15 16. Triebwerkseinheit nach einem der Ansprüche 5 bis 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das innere Injektorelement (33) zwischen der dem Brennraum zugewandten Innenseite des Injektordeckels (31) und einer an dem stielartigen Fortsatz des Düseneinsatzes (41) angebrachten Injektoranschlagkante (415) eingespannt ist.
- 20 17. Triebwerkseinheit nach einem der Ansprüche 2 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 dass die Umwandlung (24) der Brennkammer (2) auf ihrer eingangsseitigen Stirnseite (20) mit Gewindebohrungen (22) versehen ist und  
dass der Injektordeckel (31) in seinem radial außen liegenden umlaufenden Ringabschnitt mit achsparallel gerichteten Befestigungsbohrungen (310) versehen und mittels durch diese in zugeordnete Gewindebohrungen (22) der Um-

wandung eingedrehter Befestigungsschrauben stirnseitig an der Brennkammer (2) befestigt ist.

18. Triebwerkseinheit nach einem der Ansprüche 2 bis 17,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass das äußere Injektorelement (32) an der dem Brennraum zugewandten Innenseite des Injektordeckels (31) aufgenommen und an diesem befestigt und/oder zwischen diesem und der Stirnseite der Umwandung (24) der Brennkammer festgelegt ist.
- 10 19. Triebwerkseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Komponenten der Triebwerkseinheit (1), insbesondere die Umwandung (24) der Brennkammer (2) und/oder der Düseneinsatz (41), in 3D-Drucktechnik  
15 hergestellt sind.
20. Triebwerkseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass für die Komponenten der Brennkammer (2), insbesondere die Umwandung (24) der Brennkammer (2) und/oder den Injektordeckel (31), und/oder für  
20 die Schubdüseneinheit (4) ein Material mit hoher zulässiger Einsatz- bzw. Schmelztemperatur und/oder hoher Wärmeleitfähigkeit verwendet ist, wie insbesondere eine Superlegierung oder eine CuCr1Zr Legierung.
- 25 21. Triebwerkseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Injektorelemente (32, 33) in einem Sinterverfahren hergestellt sind, wobei ein Material mit hoher zulässiger Einsatz- bzw. Schmelztemperatur und/oder mit hoher Wärmeleitfähigkeit verwendet ist, wie Sintermetall aus

Bronze CuS12, Sintermetall aus einer Superlegierung, oder Keramikmaterial aus Aluminiumnitrid, Siliziumnitrid oder Aluminiumoxid.

22. Brennkammervorrichtung, insbesondere für eine Triebwerkseinheit (1) nach  
5 einem der Ansprüche 1 bis 21, mit einer Umwandlung (24) aufweisenden  
Brennkammer (2), einer an deren Eingangsseite angebrachten Injektoreinheit  
(3), die zum Zuführen einer ersten und einer zweiten Treibstoffkomponente in  
einen Brennraum zugeordnete Injektorelemente (32, 33) umfasst, von denen  
10 zumindest eines eine poröse Struktur aufweist,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Injektorelemente (32, 33) in einer um die Mittellängsachse umlaufen-  
den Innenring-Außenring-Konfiguration angeordnet sind, wobei zwischen der  
radial innen liegenden Grenzfläche des äußeren Injektorelements (32) und der  
radial außen liegenden Grenzfläche des inneren Injektorelements (33) eine den  
15 Durchtritt der Treibstoffkomponenten in das jeweils andere Injektorelement (32,  
33) verhindernde Barriere angeordnet ist.

1/8

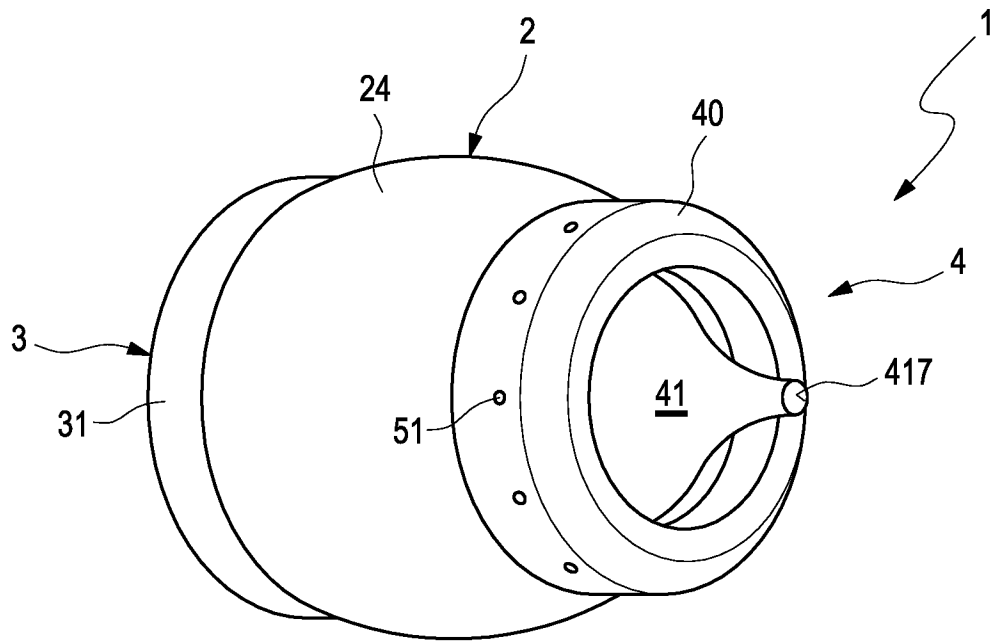


Fig. 1

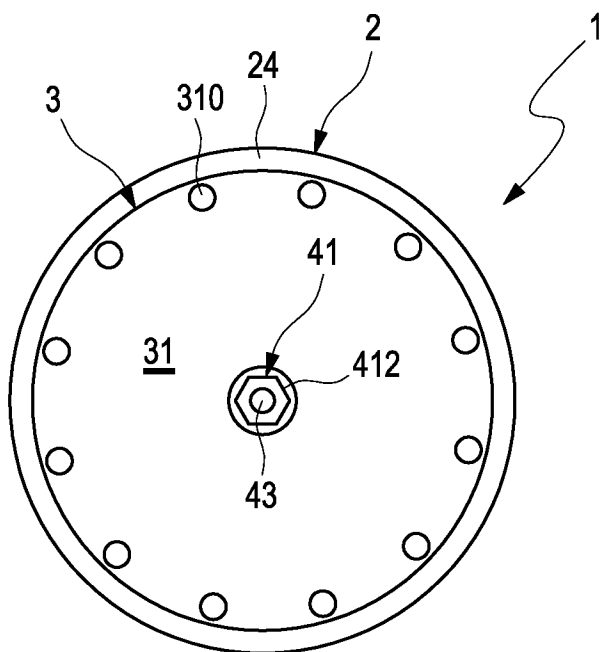


Fig. 2

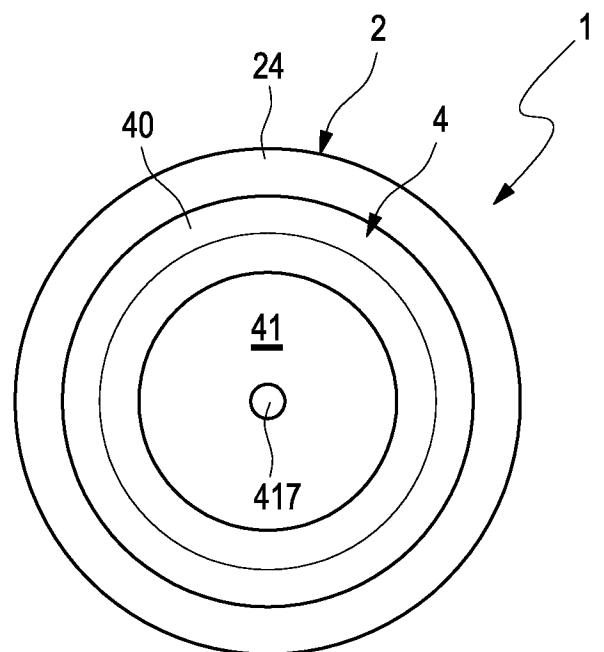


Fig. 3

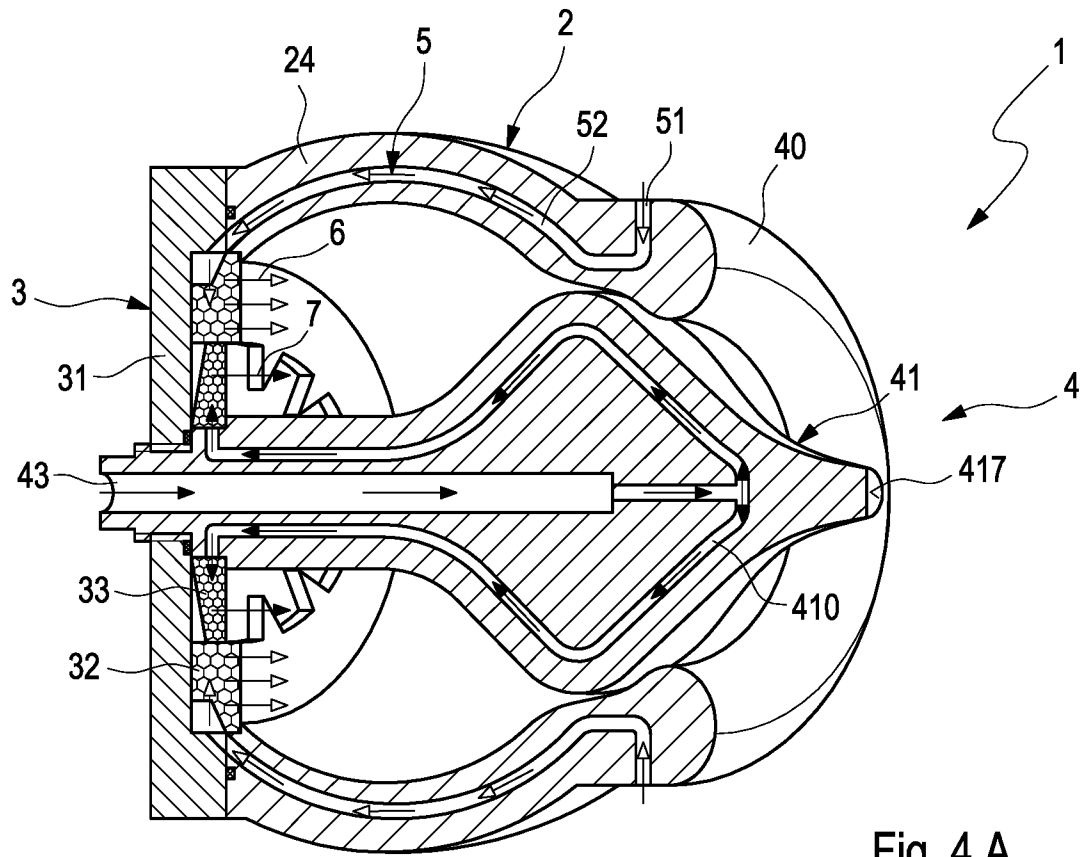


Fig. 4 A

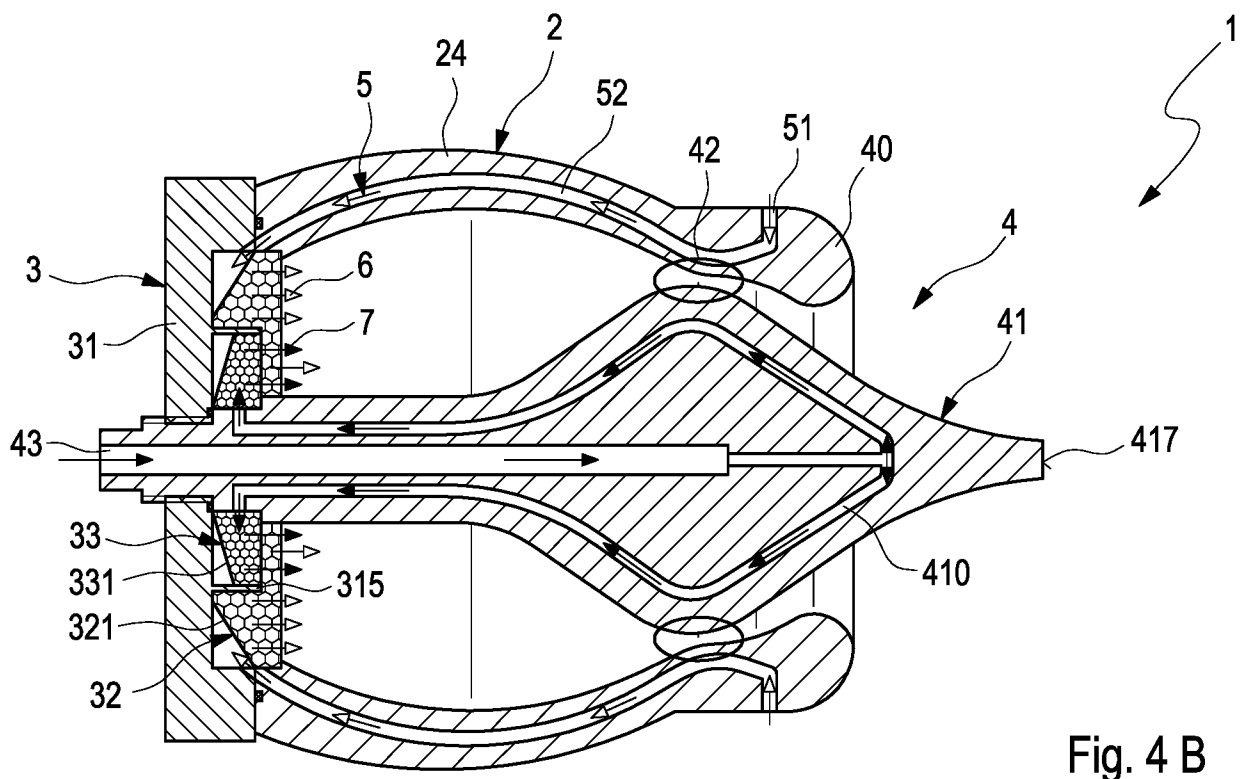


Fig. 4 B

3/8

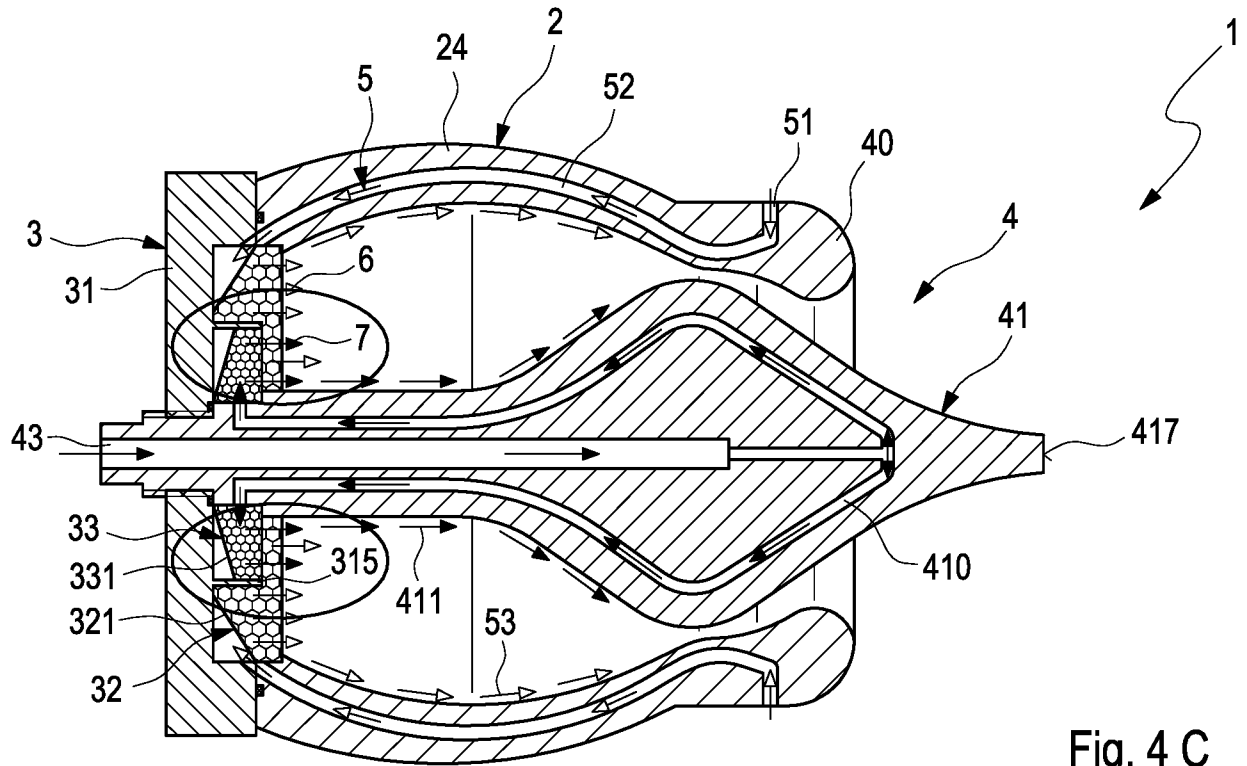


Fig. 4 C

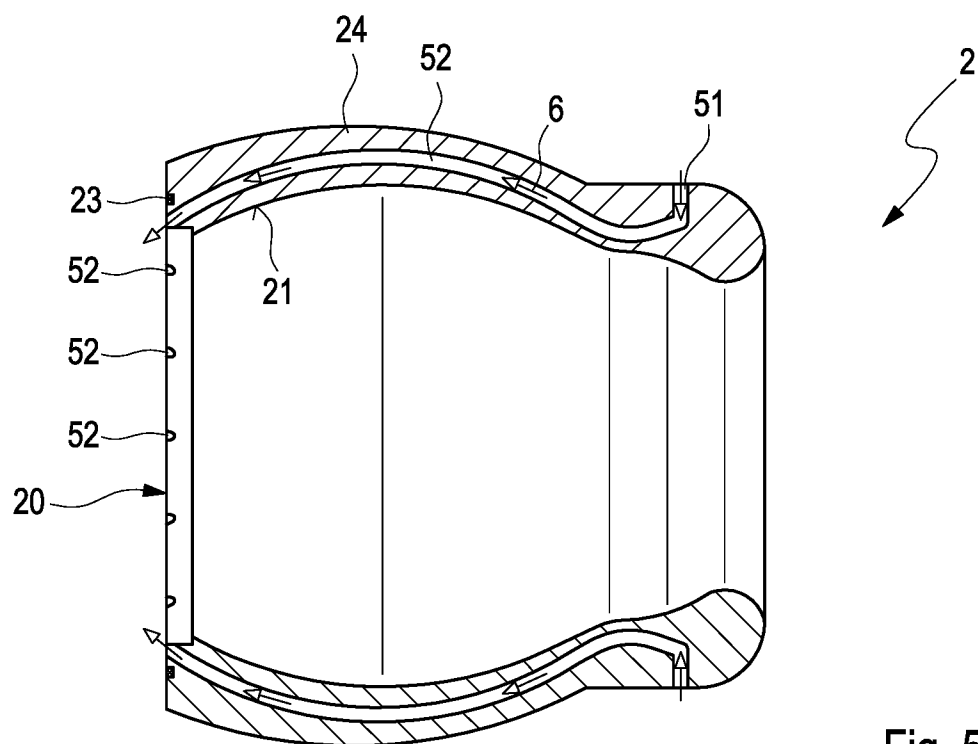


Fig. 5 A

4/8

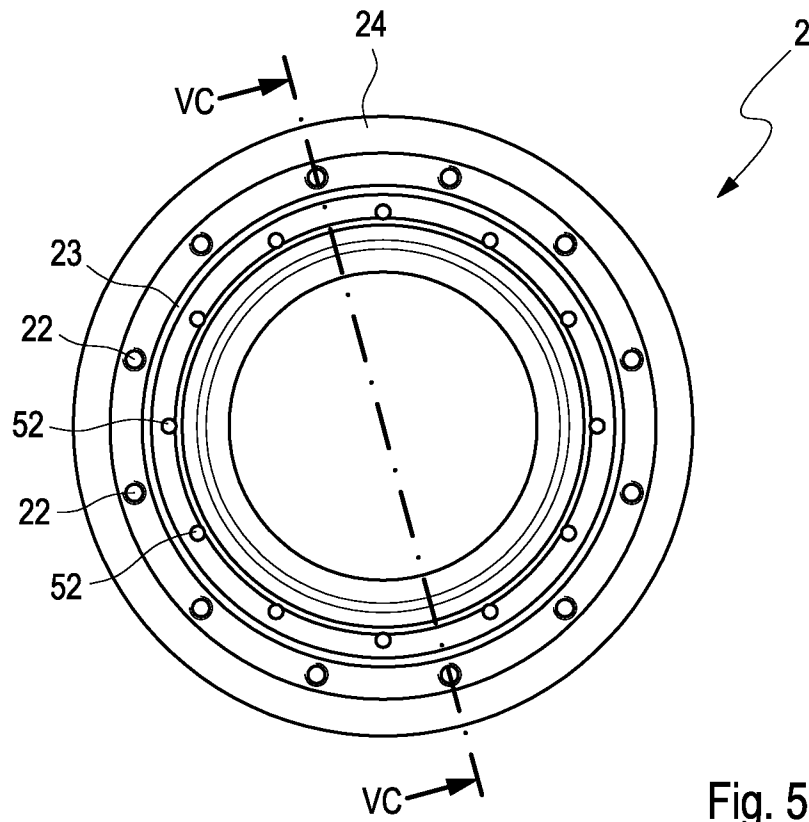


Fig. 5 B

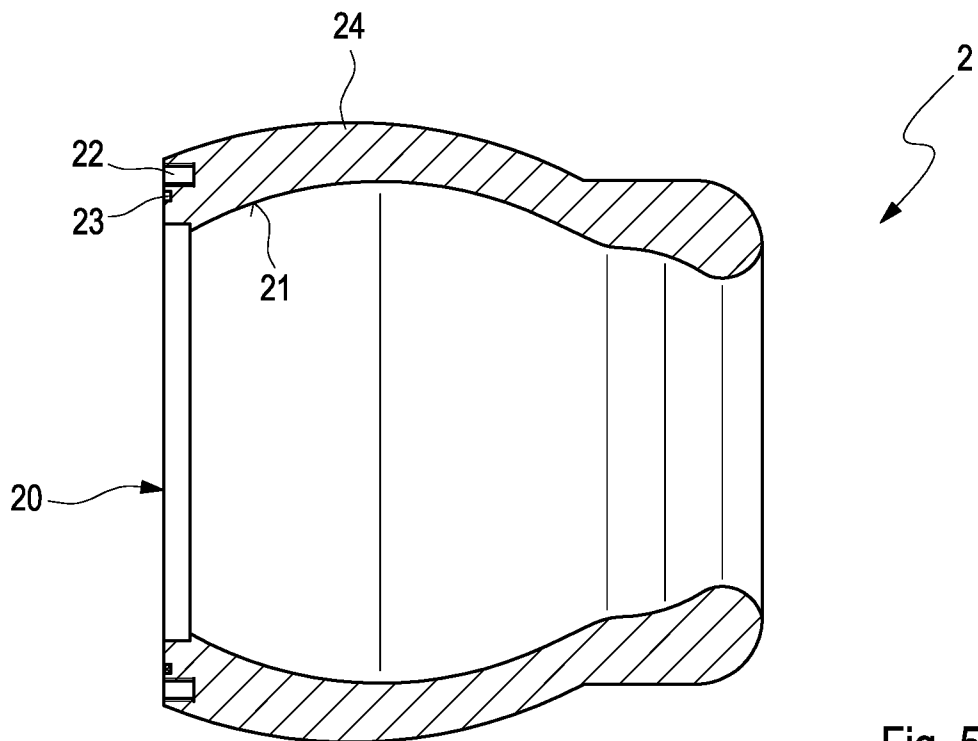


Fig. 5 C

5/8

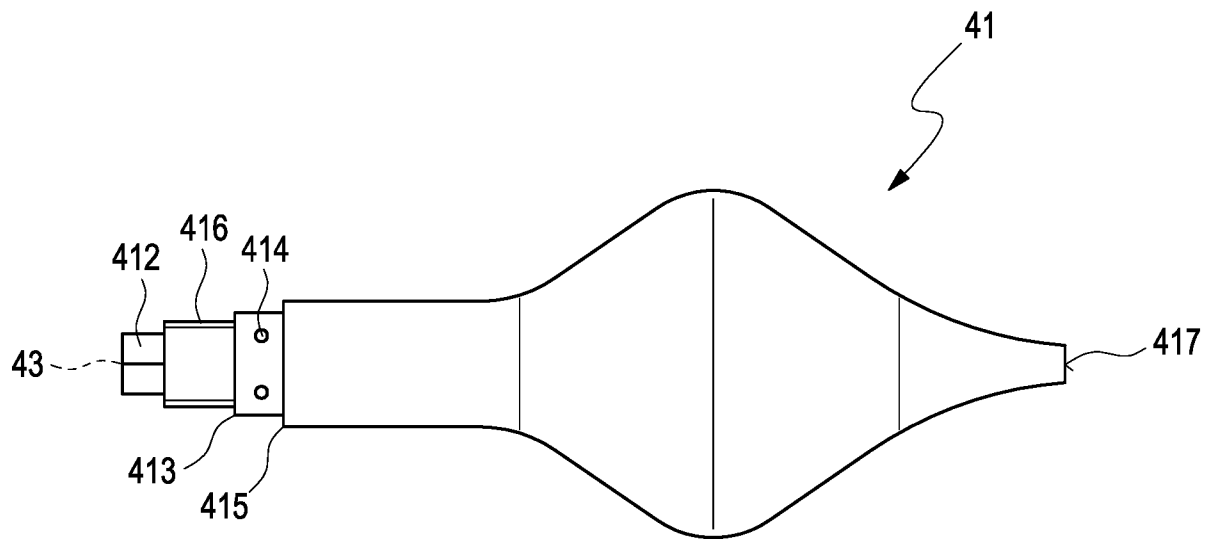


Fig. 6 A

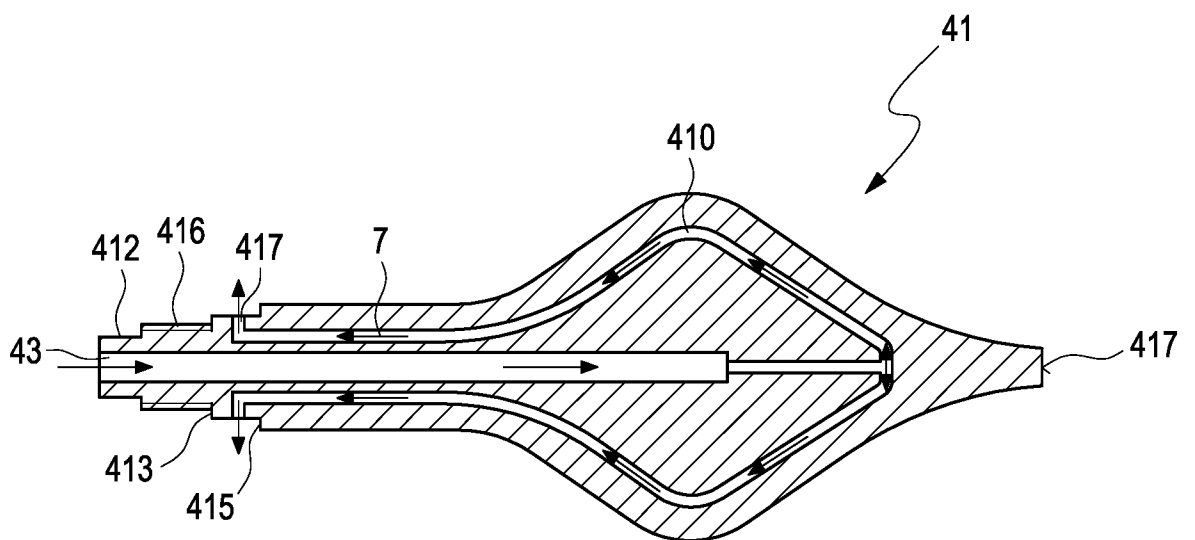


Fig. 6 B

6/8

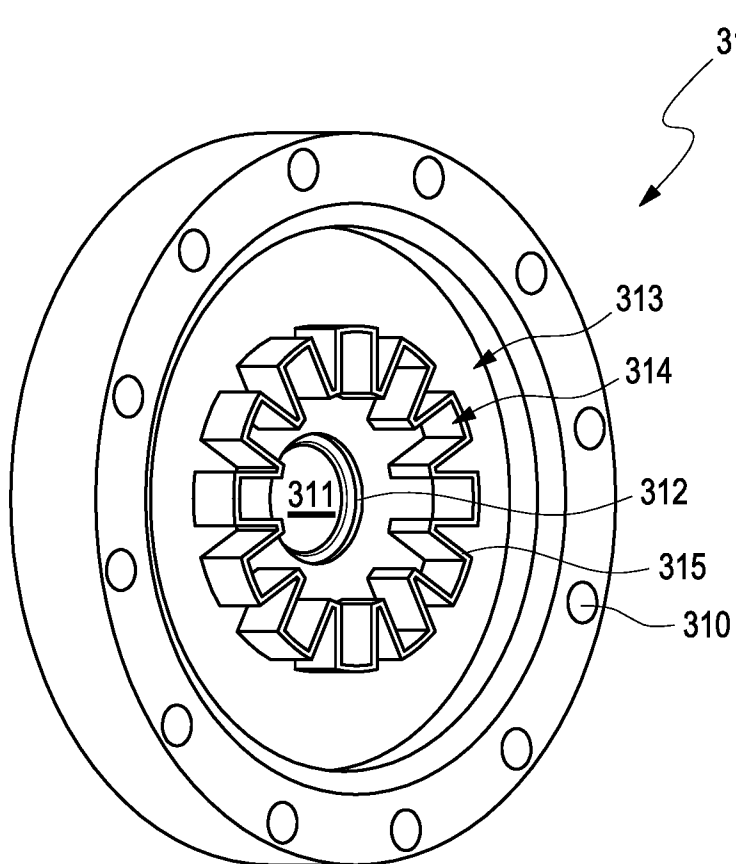


Fig. 7 A

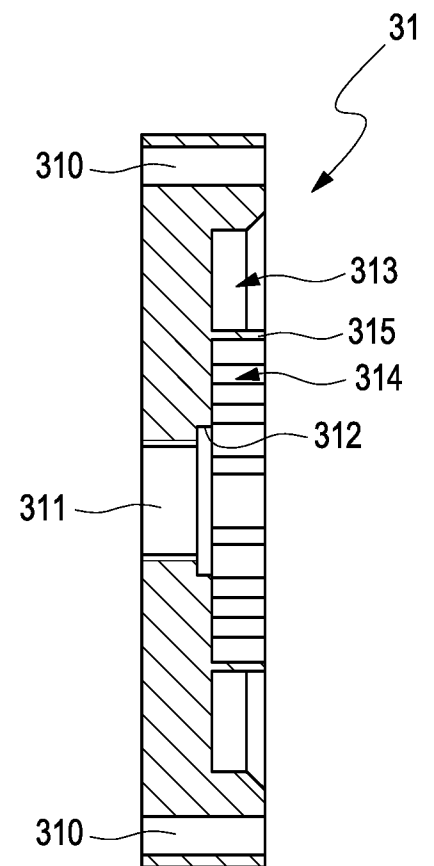


Fig. 7 B

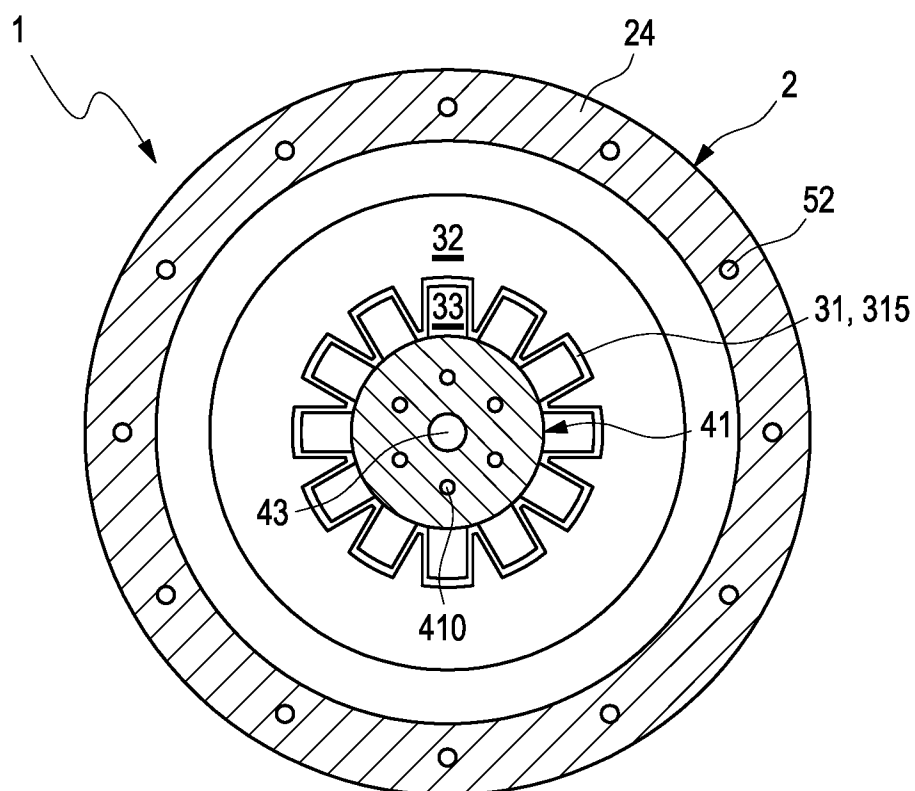


Fig. 7 C

7/8

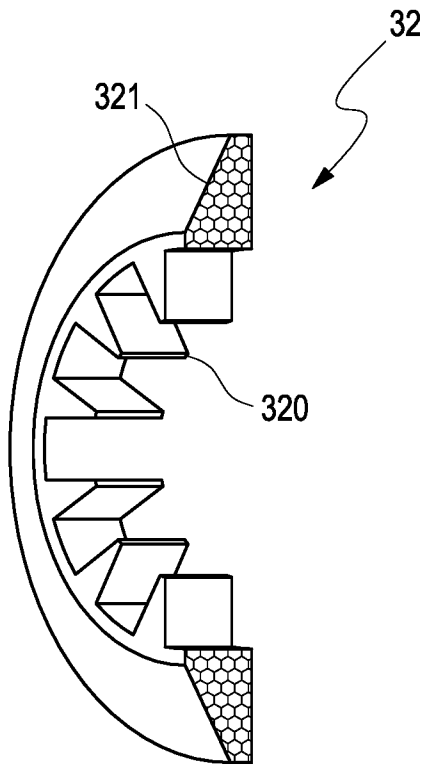


Fig. 8 A

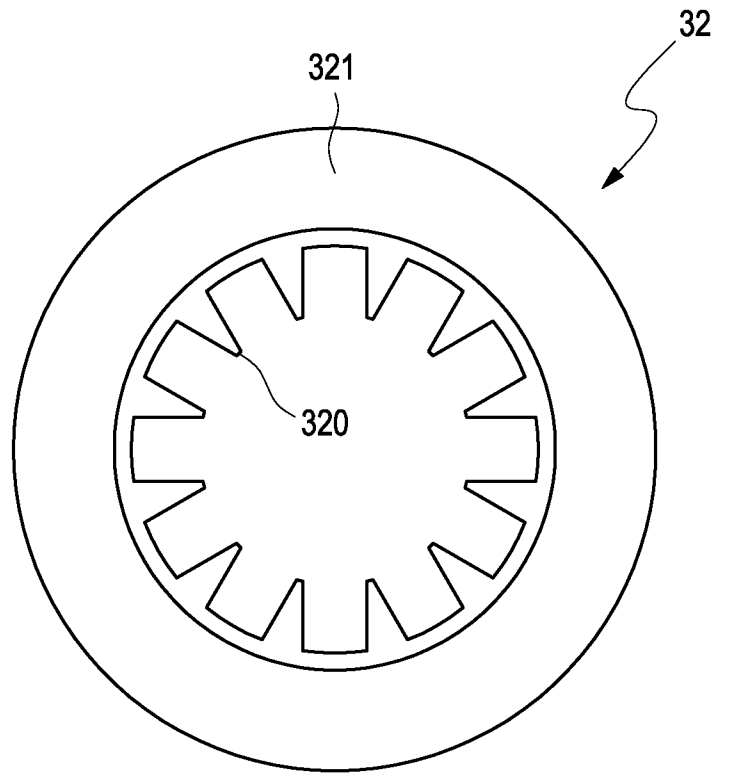


Fig. 8 B

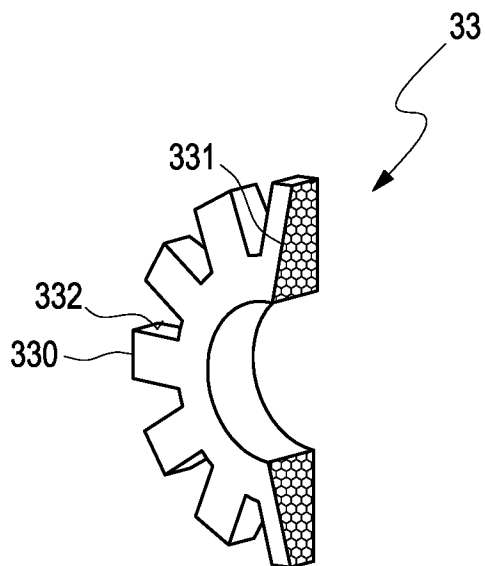


Fig. 9 A

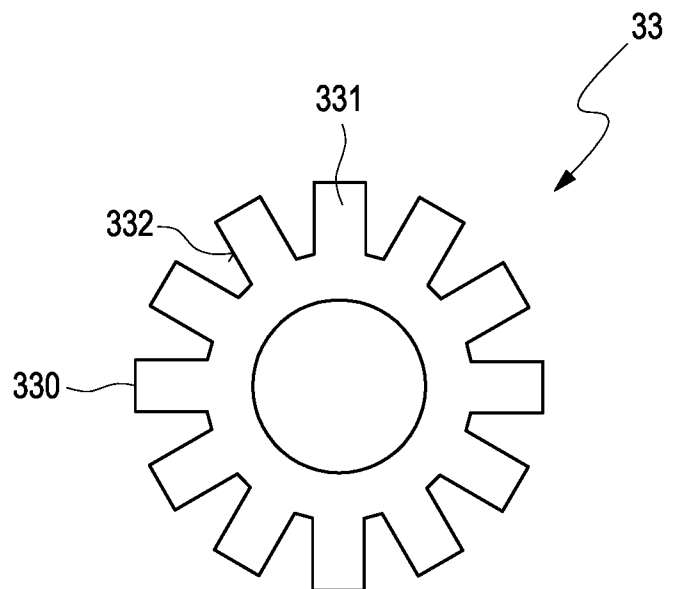


Fig. 9 B

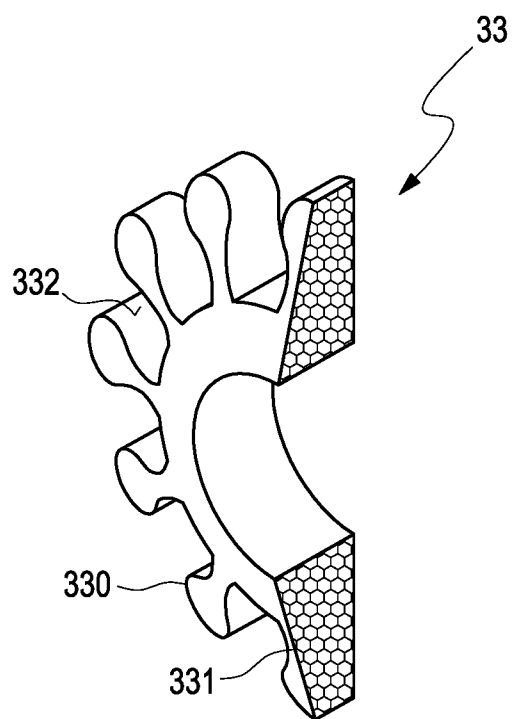


Fig. 10 A

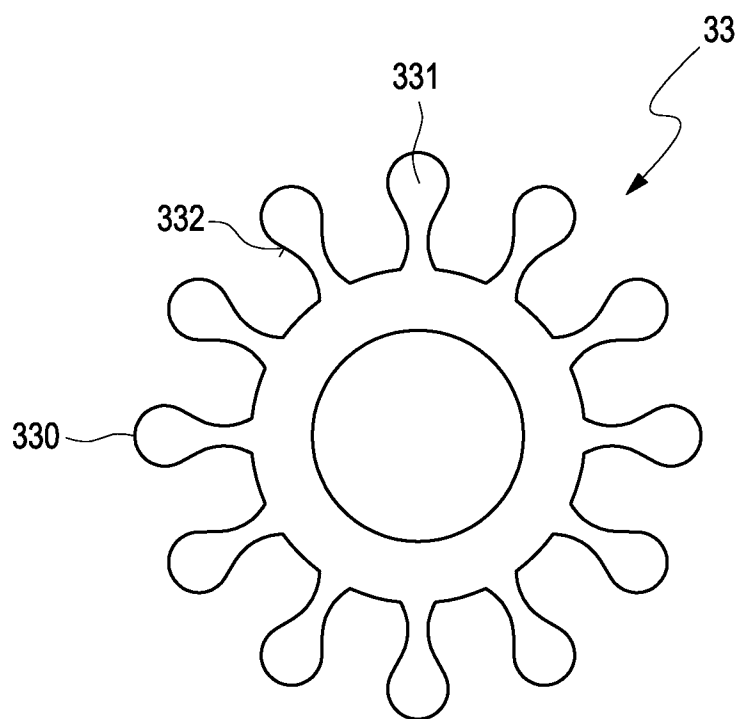


Fig. 10 B

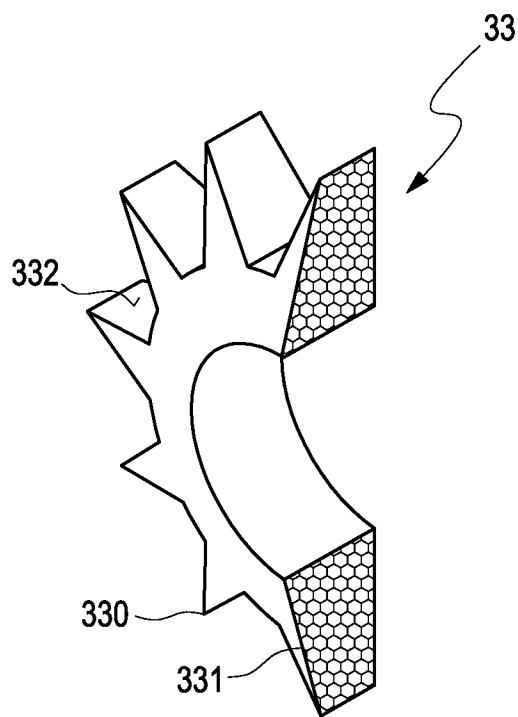


Fig. 11 A

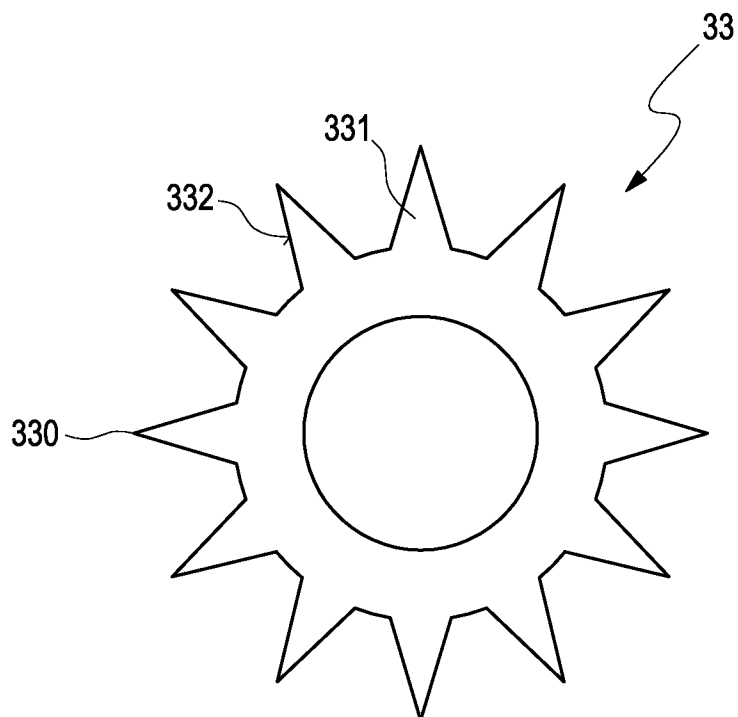


Fig. 11 B

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2022/059948****A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****F02K 9/52**(2006.01)i; **F02K 9/84**(2006.01)i

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)

F02K

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                  | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | US 4894986 A (ETHERIDGE COLIN J [GB]) 23 January 1990 (1990-01-23)<br>column 3, line 22 - line 45                   | 1-4,6,11-15,17-22     |
| A         | US 2020408171 A1 (LUCHNER ADAM RICHARD [US] ET AL) 31 December 2020<br>(2020-12-31)<br>figure 7<br>paragraph [0021] | 1-22                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier 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

**09 August 2022**

Date of mailing of the international search report

**25 August 2022**

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office**  
**p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk**  
**Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

**Burattini, Paolo**

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2022/059948**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |           |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|-----------|----|--------------------------------------|
| US                                        | 4894986    | A  | 23 January 1990                      | EP                      | 0342023   | A1 | 15 November 1989                     |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2812710   | B2 | 22 October 1998                      |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | H01318752 | A  | 25 December 1989                     |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 4894986   | A  | 23 January 1990                      |
| <hr/>                                     |            |    |                                      |                         |           |    |                                      |
| US                                        | 2020408171 | A1 | 31 December 2020                     | NONE                    |           |    |                                      |
| <hr/>                                     |            |    |                                      |                         |           |    |                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                            |                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b><br><b>INV. F02K9/52 F02K9/84</b><br><b>ADD.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                            |                                                              |
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                            |                                                              |
| <b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b><br>Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)<br><b>F02K</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                            |                                                              |
| 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)<br><b>EPO-Internal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                            |                                                              |
| <b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                            |                                                              |
| Kategorie*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                         | Betr. Anspruch Nr.                                           |
| <b>X</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>US 4 894 986 A (ETHERIDGE COLIN J [GB])</b><br><b>23. Januar 1990 (1990-01-23)</b><br><br><b>Spalte 3, Zeile 22 - Zeile 45</b><br>-----                 | <b>1-4, 6,</b><br><b>11-15,</b><br><b>17-22</b>              |
| <b>A</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>US 2020/408171 A1 (LUCHNER ADAM RICHARD</b><br><b>[US] ET AL) 31. Dezember 2020 (2020-12-31)</b><br><b>Abbildung 7</b><br><b>Absatz [0021]</b><br>----- | <b>1-22</b>                                                  |
| <input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                            |                                                              |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :<br>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>"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)<br>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist<br>"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<br>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>"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<br>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |                                                                                                                                                            |                                                              |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                            | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts          |
| <b>9. August 2022</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                            | <b>25/08/2022</b>                                            |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                            | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br><b>Burattini, Paolo</b> |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2022/059948**

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 4894986                                         | A                             | 23-01-1990                        | EP 0342023 A1 15-11-1989      |
|                                                    |                               |                                   | JP 2812710 B2 22-10-1998      |
|                                                    |                               |                                   | JP H01318752 A 25-12-1989     |
|                                                    |                               |                                   | US 4894986 A 23-01-1990       |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| US 2020408171                                      | A1                            | 31-12-2020                        | KEINE                         |
| -----                                              |                               |                                   |                               |