

(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
5. Januar 2017 (05.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/001540 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01N 1/22 (2006.01) G01N 1/40 (2006.01)
B01B 1/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/065253

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Juni 2016 (30.06.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A50569/2015 30. Juni 2015 (30.06.2015) AT

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

(72) Erfinder: MAMAKOS, Athanasios; Radgasse 1, 8020
Graz (AT). VALENTAN, Bogdan; Dragucova 12, 2231
Pernica (SI).

(74) Anwalt: PATENTANWÄLTE PINTER & WEISS OG;
Prinz-Eugen-Strasse 70, 1040 Wien (AT).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR THE REMOVAL OF VOLATILE PARTICLES FROM A SAMPLE GAS

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM ENTFERNEN VON FLÜCHTIGEN PARTIKELN AUS EINEM
PROBENGAS

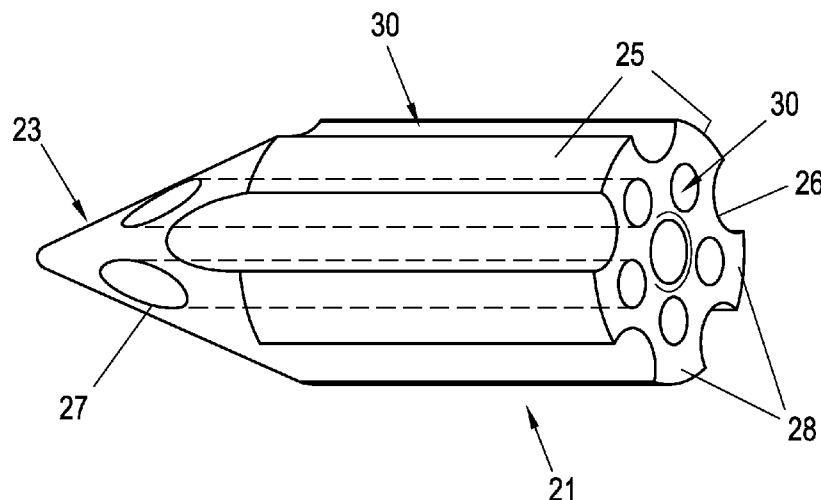


Fig. 3

(57) Abstract: The aim of the invention is to efficiently heat a sample gas in an evaporator. In order to achieve said aim, it is provided that an evaporator core (21) is disposed in the evaporator (2), wherein said evaporator core is in thermal contact with the evaporator wall (29) and at least one axial passage channel (30) is provided in the evaporator core.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Um ein Probengas in einem Evaporator effizient erwärmen zu können, ist vorgesehen, dass im Evaporator (2) ein Evaporatorkern (21) angeordnet ist, der in thermischen Kontakt mit der Evaporatorwand (29) steht und in dem zumindest ein axialer Durchtrittskanal (30) vorgesehen ist.

Vorrichtung und Verfahren zum Entfernen von flüchtigen Partikeln aus einem Probengas

Die gegenständliche Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Entfernen von flüchtigen Partikeln aus einem Probengas, das mit flüchtigen und festen Partikeln geladen ist, wobei ein mit einer Zuführleitung für das Probengas verbundener Evaporator und stromabwärts vom Evaporator ein Katalysator vorgesehen sind und der Evaporator das Probengas erwärmt, um die flüchtigen Partikel in die Gasphase überzuführen, und der Katalysator die in die Gasphase überführten flüchtigen Partikel entfernt, wobei der Evaporator der Vorrichtung als Evaporatorrohr mit einer Evaporatorwand ausgeführt ist.

Aus der AT 13 239 U1 geht eine kompakte Vorrichtung zum Entfernen von flüchtigen Bestandteilen in einem mit flüchtigen und festen Partikeln geladenen, unverdünnten Gasstrom, wie z.B. ein Aerosol, hervor. Ein solcher Gasstrom kommt insbesondere in Form von Abgas eines Verbrennungsmotors vor. Um einen solchen Gasstrom in einem Gasanalysator, z.B. ein Partikelzähler zur Bestimmung der Partikelkonzentration, analysieren zu können, müssen die flüchtigen Partikel entfernt werden, um durch diese Partikel verursachte Verfälschungen des Messergebnisses zu verhindern. In der AT 13 239 U1 werden die flüchtigen Partikel zuerst in einem Evaporator erhitzt und dadurch in die Gasphase überführt. An den Evaporator schließt stromabwärts ein Katalysator an, in dem die in die Gasphase überführten flüchtigen Partikel entfernt werden.

Für mobile Anwendungen der Vorrichtung nach der AT 13 239 U1, also in einem Gerät, das an einem Fahrzeug angeordnet werden soll, muss die Vorrichtung sehr kompakt und leicht ausgeführt sein, um diese überhaupt am Fahrzeug unterbringen zu können und um durch das Gewicht der Vorrichtung das normale Verhalten des Fahrzeugs nicht zu stark zu beeinflussen. Aufgrund dieser Anforderungen soll die Baugröße der Vorrichtung so weit wie möglich reduziert werden. Allerdings benötigen die Komponenten der Vorrichtung, also Evaporator und Katalysator, für ihre Funktion eine gewissen Baugröße bzw. Baulänge. Der Evaporator kann nicht beliebig kurz gemacht werden, da eine ausreichende Länge notwendig ist, um das durch den Evaporator strömende Gas auf die benötigte Temperatur (typisch 280°C bis 400°C) zu erhitzen. Ist der Evaporator bei einer bestimmten Strömungsgeschwindigkeit des Gases zu kurz, kann es passieren, dass der nachfolgende Katalysator nicht optimal arbeitet, da das Gas nicht auf die benötigte Temperatur gebracht werden kann. Auch der Katalysator kann nicht beliebig klein gemacht werden, da eine bestimmte aktive Oberfläche im Katalysator für die katalytische Reaktion erforderlich ist.

Es ist daher eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung eine besonders kompakte Anordnung, und ein zugehöriges Verfahren zum effizienten Erwärmen des Probengases, aus Eva-

porator und Katalysator zur Entfernung der flüchtigen Partikel aus einem Probengas anzugeben, die insbesondere in mobilen Anwendungen einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird mit einer eingangs erwähnten Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass im Evaporator ein Evaporatorkern angeordnet ist, der in thermischen Kontakt mit der Evaporatorwand steht und in dem zumindest ein axialer Durchtrittskanal vorgesehen ist. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass das dem Evaporator zugeführte Probengas im Evaporator in eine Mehrzahl von vorzugsweise parallel verlaufenden Teilströmungen aufgeteilt wird, indem das Probengas in einem beheizten Evaporatorkern des Evaporators durch eine Mehrzahl von axialen Durchtrittskanälen mit beheizten Oberflächen geführt wird, wodurch die Teilströmungen über die beheizten Oberflächen der axialen Durchtrittskanälen geführt und erwärmt werden.

Der Evaporator wird über dessen Evaporatorwand beheizt. Durch den thermischen Kontakt des Evaporatorkerns mit der Evaporatorwand wird auch der Evaporatorkern mitgeheizt. Das Probengas tritt durch im Evaporatorkern ausgebildeten axialen Durchtrittskanälen hindurch. Damit wird das Probengas einerseits auf mehrere Teilströmungen aufgeteilt, wobei die Teilströmungen allesamt über beheizte Oberflächen geführt werden. Somit kann eine sehr effiziente Erwärmung des Probengases im Evaporator sichergestellt werden. Die Baulänge des Evaporators kann damit reduziert werden, womit auch die gesamte Vorrichtung kompakter ausgeführt werden kann. Darüber hinaus können durch die vielen Teilströmungen Turbulenzen des Probengases im Evaporator reduziert werden, womit damit auch verbundene Probleme mit Ablagerungen von Partikeln an den Wandungen des Evaporators verringert werden können.

Vorzugsweise sind am Evaporatorkern über den Umfang verteilt eine Anzahl von radial abstehenden Stegen vorgesehen, die zumindest teilweise an der Evaporatorwand anliegen und in Umfangsrichtung zwischen den Stegen zumindest ein axialer Durchtrittskanal vorgesehen ist. Durch die Stege kann der Evaporatorkern auf einfache Weise im Evaporatorrohr positioniert und gehalten werden, wobei gleichzeitig auch ein direkter Wärmeübergang durch Wärmeleitung realisiert wird, was die Temperierung des Evaporatorkerns unterstützt. Zwischen den Stegen bilden sich gleichzeitig aber auch die benötigten axiale Durchtrittskanäle aus.

Eine sehr kompakte, einfach zu handhabende Vorrichtung ergibt sich, wenn der Evaporator mit dem Evaporatorkern einteilig ausgeführt ist, indem über den Umfang verteilt zumindest eine axial durchgehende Stegausnehmungen zur Ausbildung eines axialen Durchtrittskanals vorgesehen ist, die den zumindest einen Steg, den Evaporatorkern und die Evaporatorwand ausgebildet.

Die verfügbare Strömungsfläche durch den Evaporatorkern kann vergrößert werden, wenn im Evaporatorkern zumindest eine axial durchgehende Ausnehmung vorgesehen ist, die zumindest einen weiteren axialen Durchtrittskanal ausbildet. Durch die Erhöhung der Anzahl der Teilströmungen durch den Evaporatorkern kann die Strömungsgeschwindigkeit des Teilströme durch den Evaporatorkern verringert werden, womit turbulente Strömungen, die zu Partikelablagerungen führen können, vermeiden oder zumindest verringert werden können.

Um am Eingang zum Evaporator Turbulenzen und damit verbundene Partikelablagerungen zu vermeiden, oder zumindest zu verringern, kann am der Zuführleitung zugewandten axialen Ende des Evaporatorkerns ein Strömungsberuhigungsabschnitt vorgesehen ist. Dieser ist vorzugsweise als spitz zusammenlaufendes axiales Ende des Evaporatorkerns ausgeführt.

Die verfügbare beheizte Oberfläche im Evaporator kann zusätzlich vergrößert werden, indem zwischen der Zuführleitung und dem Evaporator ein Übergangsbereich vorgesehen ist, in dem der Strömungsquerschnitt der Zuführleitung auf einen größeren Strömungsquerschnitt des Evaporators übergeht.

Die Strömung des Probengases kann am Eingang zum Evaporator sehr einfach beeinflusst werden, wenn der Strömungsberuhigungsabschnitt zumindest teilweise in den Übergangsbereich oder in den Übergangsbereich und die Zuführleitung hineinragt. Je nachdem wie weit der Strömungsberuhigungsabschnitt hineinragt, werden sich verschiedene Auswirkungen auf die Strömung ergeben, womit man einen Parameter zum Anpassen der Strömung auf verschiedene Anwendungen der Vorrichtung hat.

Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 7 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

Fig.1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit Evaporator mit Evaporatorkern,
Fig.2 eine Detailansicht des Evaporators mit Evaporatorkern,
Fig.3 bis 6 vorteilhafte Ausgestaltungen des Evaporatorkerns und
Fig.7 eine einteilige Ausführung des Evaporators mit Evaporatorkern.

In Fig.1 ist eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 zur Entfernung der flüchtigen Partikel (z.B. Kohlenwasserstoffe, SO_3 , H_2SO_4 , wie typischerweise in einem Abgas eines Verbrennungsmotors enthalten) aus einem Probengas, das flüchtige und feste Partikel enthält, gezeigt. Die Vorrichtung umfasst einen Evaporator 2 und einen stromabwärts davon angeordneten Katalysator 3. Der Katalysator 3 kann wie in der AT 13 239 U1 beschrieben ausgeführt sein. Über eine Zuführleitung 4 wird Probengas, beispielsweise Abgas eines Verbrennungsmotors, zugeführt. An die Zuführleitung 4 kann eine beliebige Gas-

zuführung angeschlossen werden. Das Probengas wird einer ersten Verdünnereinheit 5 zugeführt, in der das Probengas mit Verdünnungsluft verdünnt wird. Die erste Verdünnereinheit 5 ist optional und kann auch weggelassen werden. Das verdünnte Probengas strömt von der ersten Verdünnereinheit 5 in den Evaporator 2, in dem die flüchtigen Bestandteile des Probengases in die Gasphase überführt, also verflüchtigt werden. Das Verflüchtigen erfolgt in der Regel durch Erwärmung des Probengases im Evaporator 2 auf eine dafür benötigte Temperatur, die je nach Beschaffenheit des Probengases variieren kann. Diese verflüchtigten Partikel werden im nachfolgenden Katalysator 3 durch eine katalytische Reaktion entfernt. Stromabwärts des Katalysators 3 ist eine zweite Verdünnereinheit 6 angeordnet, in der aus dem Katalysator 3 ausströmendes und von den flüchtigen Bestandteilen befreites Probengas ein weiteres Mal mit Verdünnungsluft verdünnt wird. Die zweite Verdünnereinheit 6 ist optional und kann auch weggelassen werden. Das derart aufbereitete Probengas wird über eine Abführleitung 7 aus der Vorrichtung abgeführt. An die Abführleitung 7 kann eine beliebige Gasabführung angeschlossen werden, beispielsweise eine Verbindungsleitung zu einem Gasanalysator zur Analyse des aufbereiteten Probengases.

Hierzu ist anzumerken, dass es nicht möglich ist, sämtliche im Probengas enthaltenen flüchtigen Partikel vollständig zu entfernen. Unter „Entfernen“ wird daher eine Entfernung verstanden, die es erlaubt, das derart aufbereitete Probengas in einem nachfolgenden Gasanalysator ohne negative Störungen durch die volatilen Partikel zu untersuchen - beispielsweise eine Entfernung von zumindest 90% der enthaltenen flüchtigen Partikel.

Die erste Verdünnereinheit 5, der Evaporator 2 und der Katalysator 3 sind in einem ersten, beheizten Teil der Vorrichtung 1 angeordnet. Hierzu kann ein beheizter Grundkörper 8 (einteilig oder mehrteilig), beispielsweise aus Edelstahl oder Aluminium, vorgesehen sein, in dem diese Komponenten angeordnet sind. Der beheizte Grundkörper 8 kann, zumindest teilweise, auch von einer thermischen Isolierung 9 ummantelt sein. Die zweite Verdünnereinheit 6 ist in einem zweiten ungeheizten Teil der Vorrichtung 1 angeordnet.

Am beheizten Grundkörper 8 können Heizpatronen 10, 11 angeordnet sein, mit denen der Grundkörper 8 beheizt wird. Es kann z.B. eine erste Heizpatrone 11 in etwa auf Höhe des Evaporators 2 zum Temperieren des Evaporators 2 und eine zweite Heizpatrone 10 in etwa auf Höhe des Katalysators 3 zum Temperieren des Katalysators 3 angeordnet sein. Das erlaubt es, den Evaporator 2 und den Katalysator 3 auf unterschiedlichen Temperaturen zu halten. Die Heizpatronen 10, 11 sind vorzugsweise als hinlänglich bekannte elektrische Heizpatronen ausgeführt.

Für die Verwendung der Vorrichtung 1 für ein Abgas einer Verbrennungskraftmaschine als Probengas wird der Evaporator 2 typischerweise auf einen Temperaturbereich von 150°C bis

400°C temperiert. Der Katalysator 3 wird typischerweise ebenfalls auf einen Temperaturbereich von 150°C bis 400°C temperiert.

Die erste und zweite Verdünnereinheiten 5, 6 sind im gezeigten Ausführungsbeispiel als an sich bekannter Verdünner mit porösen Gasleitungen ausgeführt. Hierbei ist die Zuführleitung 4 oder die Abführleitung 7 über eine gewisse Länge porös ausgeführt, beispielsweise in Form einer Mehrzahl von Bohrungen in der Wand der jeweiligen Leitung. Dieser poröse Abschnitt der Zuführleitung 4 oder der Abführleitung 7 ist von einem abgeschlossenen bzw. abgedichteten Hohlraum 12 umgeben, in dem die Verdünnungsluft unter Druck zugeführt wird. Dazu kann in den jeweiligen Hohlraum 12 eine Verdünnungsluftleitung 13 münden, an die eine beliebige Luftzuführung angeschlossen werden kann. Vor dem jeweiligen Hohlraum 12 kann in der Verdünnungsluftleitung 13 auch ein Dosierventil 14 angeordnet sein, um die Menge der zugeführten Verdünnungsluft regeln zu können.

Die Ausführung der Verdünnereinheiten 5, 6 mit porösen Leitungen ist nur beispielhaft und es kann grundsätzlich jede beliebige geeignete Verdünnereinheit, auch unterschiedliche Verdünnereinheiten, eingesetzt werden.

Der Evaporator 2 wird im Wesentlichen durch ein Evaporatorrohr 20 mit einer Evaporatorwand 29 ausgebildet, wie in Fig.2 gezeigt. Am stromabwärtigen Ende des Evaporatorrohres 20 schließt der Katalysator 3 an. Am stromaufwärtigen Ende mündet die Zuführleitung 4 in den Evaporator 2. Dazu ist am Evaporatorrohr 20 ein Übergangsbereich 24 vorgesehen, entlang dem die Zuführleitung 4 kegelförmig von einem kleineren Strömungsquerschnitt der Zuführleitung 4 auf einen größeren Strömungsquerschnitt des Evaporatorrohres 20 aufgeht.

Das Evaporatorrohr 20 ist im beheizten Teil der Vorrichtung 1, vorzugsweise im Grundkörper 8, angeordnet wie oben beschrieben und steht über seine Evaporatorwand 29 in thermischen Kontakt mit dem beheizten Teil bzw. dem Grundkörper 8. Das Evaporatorrohr 20 wird durch die erste Heizpatrone 11 auf eine benötigte Temperatur gebracht, um das durch das Evaporatorrohr 20 strömende Probengas zum Verflüchtigen der flüchtigen Partikel zu erwärmen. Dazu kann die erste Heizpatrone 11 das Evaporatorrohr 20 direkt erwärmen, beispielsweise indem es in direktem Kontakt mit der Evaporatorwand 29 des Evaporators 2 steht. Es ist aber auch eine indirekte Heizung des Evaporators 2 möglich, indem die Heizpatrone 11 den Grundkörper 8 erwärmt und der Evaporator 2 über seine Evaporatorwand 29 im Grundkörper 8 angeordnet ist, womit ein Wärmeübergang vom Grundkörper 8 auf den Evaporator 2 sichergestellt ist.

Um eine bessere und gleichmäßigere Erwärmung des Probengases im Evaporator 2 sicherzustellen, ist im Evaporatorrohr 20 erfindungsgemäß ein Evaporatorkern 21 angeordnet. Der

Evaporatorkern 21 ist in thermischen Kontakt mit der Evaporatorwand 29. Über den thermischen Kontakt mit der Evaporatorwand 29, die im beheizten Grundkörper 8 angeordnet ist, wird der Evaporatorkern 21 mitgeheizt. Der Evaporatorkern 21 wird damit auf die im Wesentlichen selbe Temperatur temperiert wie die Evaporatorwand 29. Der thermische Kontakt kann dabei über einen direkten Kontakt eines Teils des Evaporatorkerns 21 mit der Evaporatorwand 29 und Wärmeleitung hergestellt werden, beispielsweise indem der Evaporatorkern 21 an der Innenseite der Evaporatorwand 29 anliegend angeordnet ist. Denkbar ist aber auch ein indirekter thermischer Kontakt zwischen Evaporatorkern 21 und Evaporatorwand 29, beispielsweise durch von der Evaporatorwand 29 ausgehenden Wärmestrahlung, die den Evaporatorkern 21 erwärmt. Vorzugsweise wird mit dem Evaporatorkern 21 sowohl die Wärmeleitung, als auch die Wärmestrahlung zum Temperieren des Evaporatorkerns 21 ausgenutzt.

Der Evaporatorkern 21 darf den Strömungskanal durch den Evaporator 2 natürlich nicht verschließen, weshalb im Evaporatorkern 21 eine Anzahl von axialen Durchtrittskanälen 30 vorgesehen sind, durch die das Probengas axial durch den Evaporator 2 durchströmen kann. Aufgrund der axialen Durchtrittskanäle 30 wird der Probengasstrom damit auf mehrere Teilströmungen durch den Evaporatorkern aufgeteilt. Durch den Evaporatorkern 21 und die axialen Durchtrittskanäle 30 wird die beheizte Oberfläche, über die das durchströmende Probengas strömt, vergrößert. Das Probengas wird damit gleichmäßiger erwärmt. Gleichzeitig kann der Evaporator 2 bei einer bestimmten Strömungsgeschwindigkeit damit auch kürzer gebaut werden, da eine größere Heizfläche verfügbar ist.

Nachfolgend werden mit Bezugnahme auf die Figuren 3 bis 7 beispielsweise vorteilhafte Ausgestaltungen eines Evaporators 2 bzw. eines Evaporatorkerns 21 beschrieben.

Fig.3 zeigt einen Evaporatorkern 21 mit axialen, durchgehenden Nuten 26 an der äußeren Umfangsfläche 25 als axial durchgehende Ausnehmungen, zwischen denen radial abstehende Stege 28 ausgebildet werden. Der Evaporatorkern 21 hat dadurch über den Umfang verteilt eine Mehrzahl von radial abstehenden Stegen 28, die auch genutzt werden können, um den Evaporatorkern 21 im Evaporatorrohr 20 zu positionieren. Die Stege 28 sind dazu in Umfangsrichtung beabstandet voneinander angeordnet und erstrecken sich zumindest über einen Teil der axialen Länge des Evaporatorkerns 21. Die Stege 28 können in axialer Richtung auch ein- oder mehrmals unterbrochen sein. Damit ist zumindest ein Steg 28 in direkten thermisch leitenden Kontakt mit der Evaporatorwand 29 des Evaporators 2. Der thermische Kontakt kann beispielsweise zumindest teilweise über die äußere Umfangsfläche 25 des Evaporatorkerns 21, die zumindest teilweise von den radialen Enden der Stege 28 gebildet wird, hergestellt werden, indem die äußere Umfangsfläche 25 zumindest teilweise an der Innenseite der Evaporatorwand 29 des Evaporatorrohrs 20 anliegt. Es ist aber auch denkbar,

an der radial inneren Umfangsfläche des Evaporatorrohres 20 axiale Nuten vorzusehen, in denen die Stege 28 des Evaporatorkernes 21 eingreifen, womit eine Verdrehsicherung des Evaporatorkerns 21 erzielt wäre. Der thermische Kontakt könnte dabei auch durch die Flanken der Stege 28 hergestellt werden. Über diesen thermisch leitenden Kontakt wird der Evaporatorkern 21 über die beheizten Evaporatorwand 29 des Evaporators 2 mitgeheizt. Der Evaporatorkern 21 wird aber natürlich auch durch Wärmestrahlung von der heißeren Evaporatorwand 29 des Evaporatorrohres 20 erwärmt. Der Evaporatorkern 21 hat dadurch im Wesentlichen dieselbe Temperatur wie das Evaporatorrohr 20 im Grundkörper 8.

Zusätzlich werden im Evaporatorkern 21 in Umfangsrichtung gesehen zwischen den Stegen 28 eine Mehrzahl von axialen Durchtrittskanälen 30 zum Durchströmen von Probengas ausgebildet. Zusätzlich sind hier im Evaporatorkern 21 axial durchgehende Ausnehmungen 27, beispielsweise Bohrungen, vorgesehen, die weitere axiale Durchtrittskanäle 30 ausbilden.

Durch den Evaporatorkern 21 kann eine weitere wichtige Funktion realisiert werden. Insbesondere im Übergangsbereich 24 zwischen den unterschiedlichen Strömungsquerschnitten kann es zu Turbulenzen in der Strömung des Probengases kommen. Diese Turbulenzen können zu Ablagerungen der im Probengas enthaltenen Partikel an den Wandungen der Zuführleitung 4 und/oder des Evaporatorrohres 20 führen. Solche Ablagerungen verfälschen nachfolgende Gasanalysen des Probengases und führen zur Verschmutzung der Vorrichtung 1 und sind deshalb prinzipiell unerwünscht.

Um dem entgegenzuwirken kann am der Zuführleitung 4 zugewandten axialen Ende des Evaporatorkerns 21 ein Strömungsberuhigungsabschnitt 23 vorgesehen sein, der Turbulenzen in der Strömung des Probengases durch den Evaporator 2 verhindern oder zumindest reduzieren soll. Der Strömungsberuhigungsabschnitt 23 kann dabei zumindest teilweise auch in die Zuführleitung 4 hineinragen.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig.2 ist der Strömungsberuhigungsabschnitt 23 als spitz zulaufendes axiales Ende des Evaporatorkerns 21 ausgeführt. Der Strömungsberuhigungsabschnitt 23 ragt vorzugsweise axial in den Übergangsbereich 24 zwischen der Zuführleitung 4 und dem Evaporatorrohr 20 hinein und beeinflusst damit die Strömung im Übergangsbereich 24 in der beabsichtigten strömungsberuhigenden Weise.

In den Fig.4 und 5 sind weitere Ausgestaltungen des Evaporatorkerns 21 dargestellt. Am Evaporatorkern 21 sind über den Umfang verteilt eine Mehrzahl von radial abstehenden Stegen 28 angeordnet. Die radial äußeren Enden der Stege 28 bilden die äußere Umfangsfläche 25 des Evaporatorkerns 21, über die der Evaporatorkern 21 wieder im Evaporatorrohr 20 positioniert und gehalten werden kann. In Umfangsrichtung zwischen den Stegen 28 wer-

den axiale Durchtrittskanäle 30 für das Probengas ausgebildet. Zusätzlich können im Evaporatorkern 21 auch axial durchgehende Ausnehmungen 27 zur Ausbildung weiterer axialer Durchtrittskanäle 30 vorgesehen sein (Fig.5). Der Evaporatorkern 21 hat an einem axialen Ende wieder einen Strömungsberuhigungsabschnitt 23 in Form eines spitz zulaufenden axialen Endes.

Eine weitere mögliche Ausgestaltung des Evaporatorkernes 21 zeigt die Fig.6. Dieser Evaporatorkern 21 hat eine sternförmige Grundfläche mit einer Mehrzahl von radial abstehenden Stegen 28, die an ihren radialen Enden die äußere Umfangsfläche 25 des Evaporatorkernes 21 bilden. Zur Ausbildung des zylinderförmigen Evaporatorkernes 21 wird die sternförmige Grundfläche entlang der Längsachse des Evaporatorkernes 21 extrudiert, wobei, wie in Fig.6, jeder Querschnitt auch noch um die Längsachse um einen Winkel verdreht werden kann. Damit entstehen über die axiale Länge des Evaporatorkernes 21 wellenartig verwundene Stege 28. Um in den Übergangsbereich 24 axial hineinragen zu können, können die Stege 28 an einem axialen Ende auch spitz zusammenlaufend abgeschrägt sein, um einen Strömungsberuhigungsabschnitt 23 auszubilden. In Umfangsrichtung zwischen den Stegen 28 entstehen die axialen Durchtrittskanäle 30 für das Probengas. Auch hier könnten noch Ausnehmungen 27 im Evaporatorkern 21 vorgesehen sein, um zusätzliche axiale Durchtrittskanäle 30 auszubilden.

Es ist aber auch denkbar, am Evaporatorkern 21 eine geschlossene äußere Umfangsfläche 25 vorzusehen, die zumindest teilweise in thermischen Kontakt mit der Innenseite der Evaporatorwand 29 steht. Im Evaporatorkern 21 sind dann eine Anzahl von axial durchgehenden Ausnehmungen 27 zur Ausbildung weiterer axialer Durchtrittskanäle 30 vorgesehen sein.

Gleichfalls ist es denkbar, den Evaporatorkern 21 auch ohne direkten Kontakt mit der Evaporatorwand 29 im Evaporatorrohr 20 zu positionieren. In diesem Fall wäre der thermische Kontakt nur durch Wärmestrahlung sichergestellt.

Der Evaporatorkern 21 mit den Stegen 28 ist in den beschriebenen Ausgestaltungen immer einteilig ausgeführt. Grundsätzlich ist es aber auch möglich, den Evaporatorkern 21 mehrteilig zu fertigen.

In den beschriebenen Ausgestaltungen des Evaporatorkernes 21 nach den Fig.3 bis 6 ist der Evaporatorkern 21 ein separater Bauteil, der in das Evaporatorrohr 20 eingesetzt wird. Das Evaporatorrohr 20 und der Evaporatorkern 21 können aber auch einteilig ausgeführt sein, beispielsweise als Gußteil oder aus dem Vollen gefräster Bauteil, wie anhand von Fig.7 beschrieben wird. Hierzu sind im Evaporator 2 als axial durchgehende Ausnehmungen über den Umfang verteilt eine Mehrzahl von axial durchgehenden Stegausnehmungen 31 einge-

arbeitet, die die Stege 28 und damit auch axiale Durchtrittskanäle 30 zwischen den Stegen 28 ausbilden. In Umfangsrichtung zwischen diesen Stegausnehmungen 31 entstehen dabei radiale Stege 28, die die damit gleichzeitig ausgebildete Evaporatorwand 29 mit dem verbleibenden Evaporatorkern 21 verbinden. Über die Stege 28 ist die thermische Verbindung zwischen der beheizten Evaporatorwand 29 und dem Evaporatorkern 21 hergestellt. Im Falle der einteiligen Ausführung kann auch nur ein einziger Stege 28 vorgesehen sein, um den Evaporatorkern 21 im Evaporatorrohr 20 zu positionieren. Zumindest das der Zuführleitung 4 zugewandte Ende des Evaporatorkerns 21 kann zur Ausbildung des Strömungsberuhigungsabschnittes 23 entsprechend geformt sein, z.B. wie in Fig.7 kegelförmig zum axialen Ende hin spitz zusammenlaufend. Auch in diesem Ausführungsbeispiel könnten zusätzliche axial durchgehende Ausnehmungen 27 im Evaporatorkern 21 vorgesehen sein, um zusätzliche axiale Durchtrittskanäle 30 auszubilden.

Die oben beschriebenen axialen Durchtrittskanäle 30 im Evaporator 2 sind vorzugsweise so ausgestaltet, dass auch diese eine strömungsberuhigende Wirkung auf die Strömung des Probengases durch den Evaporator 2 haben. Insbesondere sollen damit Turbulenzen in der Strömung durch den Evaporator 2 vermieden oder zumindest verringert werden, um Ablagerungen von Partikel im Probengas an den Wandungen des Evaporators 2 entgegenzuwirken.

Besonders vorteilhaft sind Ausführungen des Evaporators 2 bzw. des Evaporatorkern 21 mit axialen Durchtrittskanälen 30, die sich über einen Großteil der axialen Länge des Evaporators 2 erstrecken, da damit die beheizte Oberfläche im Evaporator 2 vergrößert wird und das Probengas besser und gleichmäßiger erwärmt wird. Das durch den Evaporator 2 durchströmende Probengas wird durch die Durchtrittskanäle 30 in eine Mehrzahl von parallelen Strömungen aufgeteilt, die alle in Kontakt mit der beheizten Oberfläche im Evaporator 2 stehen. Auch dadurch wird eine effiziente und gleichmäßige Erwärmung des durchströmenden Probengases erzielt.

Zwischen dem Evaporator 2 und dem Katalysator 3 gibt es vorzugsweise einen Strömungsabschnitt 32 (Fig.2), in dem sich die parallelen Teilströme durch den Evaporatorkern 21 wieder zu einem Strom an Probengas vereinen, um den Katalysator 3 über den gesamten Querschnitt anzuströmen. Dieser Strömungsabschnitt 32 ist vorzugsweise als axiale, über das axiale Ende des Evaporatorkerns 21 hinausragende Verlängerung des Evaporatorrohrs 20 ausgeführt.

Durch Austauschen des Evaporatorkerns 21 und/oder durch axiale Verstellung des Evaporatorkerns 21 im Evaporatorrohr 20 (womit festgelegt wird, wie weit der Strömungsberuhigungsabschnitt 23 in den Übergangsbereich 24 bzw. in die Zuführleitung 4 hineinragt) kann

die Vorrichtung zum Entfernen von flüchtigen Partikeln aus einem Probengas einfach auf verschiedene Anwendungen angepasst werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Entfernen von flüchtigen Partikeln aus einem Probengas, das mit flüchtigen und festen Partikeln geladen ist, wobei in der Vorrichtung (1) ein mit einer Zuführ-
5 leitung (4) für das Probengas verbundener Evaporator (2) und stromabwärts vom Evaporator (2) ein Katalysator (3) vorgesehen sind und der Evaporator (2) das Probengas erwärmt, um die flüchtigen Partikel in die Gasphase überzuführen, und der Katalysator (3) die in die Gasphase überführten flüchtigen Partikel entfernt, wobei der Evaporator (2) als Evaporatorrohr (20) mit einer Evaporatorwand (29) ausgeführt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Evaporator (2) ein Evaporatorkern (21) angeordnet ist, der in thermischen Kontakt mit der Evaporatorwand (29) steht und in dem zumindest ein axialer Durchtrittskanal (30) vorgesehen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Evaporatorkern (21) über den Umfang verteilt eine Anzahl von radial abstehenden Stegen (28) vorgesehen
15 sind, die zumindest teilweise an der Evaporatorwand (29) anliegen und in Umfangsrichtung zwischen den Stegen (28) zumindest ein axialer Durchtrittskanal (30) vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Evaporator (2) mit dem Evaporatorkern (21) einteilig ausgeführt ist, indem über den Umfang verteilt zumindest eine axial durchgehende Stegausnehmungen (31) zur Ausbildung eines axialen Durchtrittskanals (30) vorgesehen ist, die den zumindest einen Steg (28), den Evaporatorkern (21) und
20 die Evaporatorwand (29) ausbildet .
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Evaporatorkern (21) zumindest eine axial durchgehende Ausnehmung (27) vorgesehen ist, die zumindest einen weiteren axialen Durchtrittskanal (30) ausbildet.
- 25 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** am der Zuführleitung (4) zugewandten axialen Ende des Evaporatorkerns (21) ein Strömungsberuhigungsabschnitt (23) vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungsberuhigungsabschnitt (23) als spitz zusammenlaufendes axiales Ende des Evaporatorkerns (21)
30 ausgeführt ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Zuführleitung (4) und dem Evaporator (2) ein Übergangsbereich (24) vorgesehen

ist, in dem der Strömungsquerschnitt der Zuführleitung (4) auf einen größeren Strömungsquerschnitt des Evaporators (2) übergeht.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungsberuhigungsabschnitt (23) zumindest teilweise in den Übergangsbereich (24) oder in den Übergangsbereich (24) und die Zuführleitung (4) hineinragt.

9. Verfahren zum Entfernen von flüchtigen Partikeln aus einem Probengas, das mit flüchtigen und festen Partikeln geladen ist, wobei das Probengas in einem Evaporator (2) erwärmt wird, um die flüchtigen Partikel in die Gasphase überzuführen, und das erwärmte Probengas mit den in die Gasphase überführten flüchtigen Partikel in einem stromabwärts anschließenden Katalysator (3) entfernt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** das dem Evaporator (2) zugeführte Probengas im Evaporator (2) in eine Mehrzahl von vorzugsweise parallel verlaufenden Teilströmungen aufgeteilt wird, indem das Probengas in einem beheizten Evaporatorkern (21) des Evaporators (2) durch eine Mehrzahl von axialen Durchtrittskanälen (30) mit beheizten Oberflächen geführt wird, wodurch die Teilströmungen über die beheizten Oberflächen der axialen Durchtrittskanälen (30) geführt und erwärmt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Evaporatorkern (21) durch thermischen Kontakt mit der beheizten Evaporatorwand (29) beheizt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Teilströmungen nach dem Evaporator (2) und vor dem Katalysator (3) wieder zu einer gemeinsamen Strömung zusammengeführt werden.

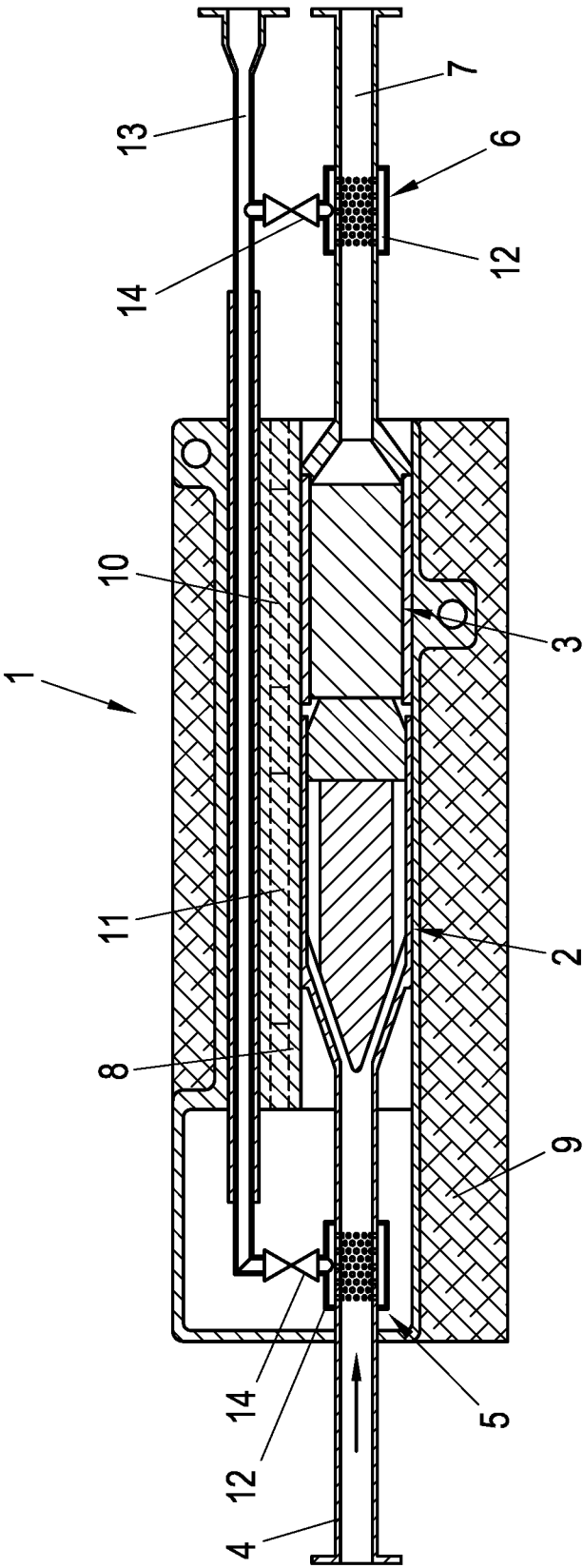


Fig. 1

2/4

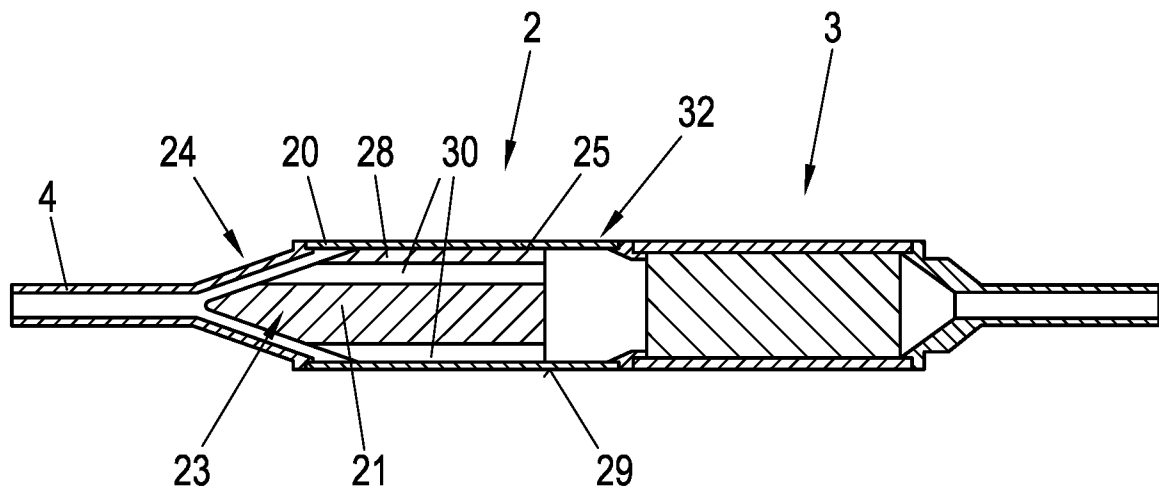


Fig. 2

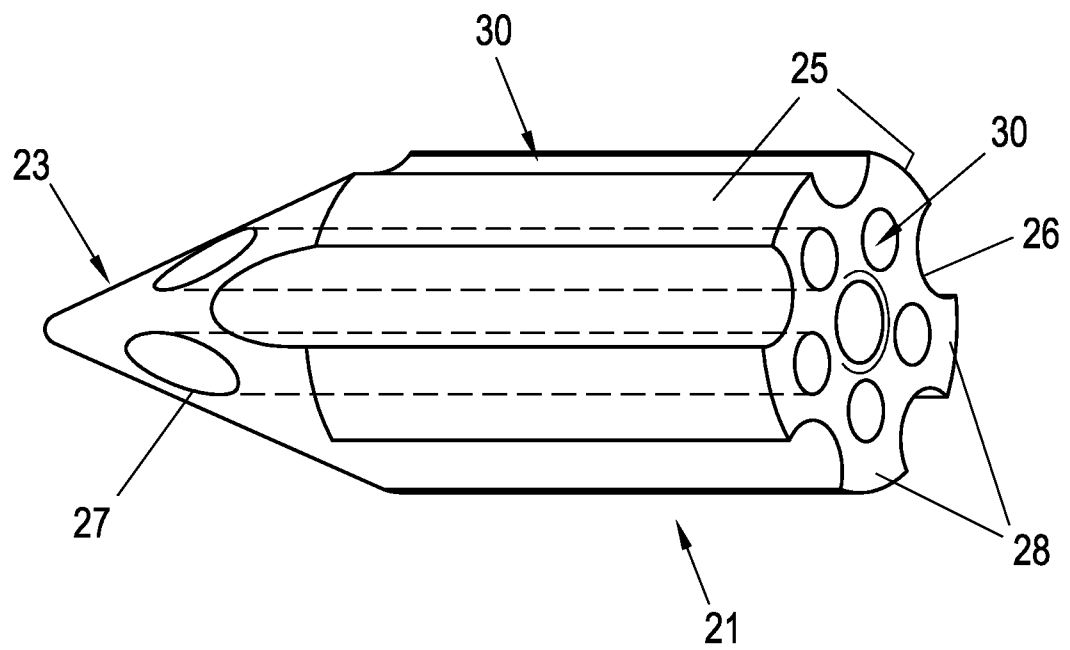


Fig. 3

3/4

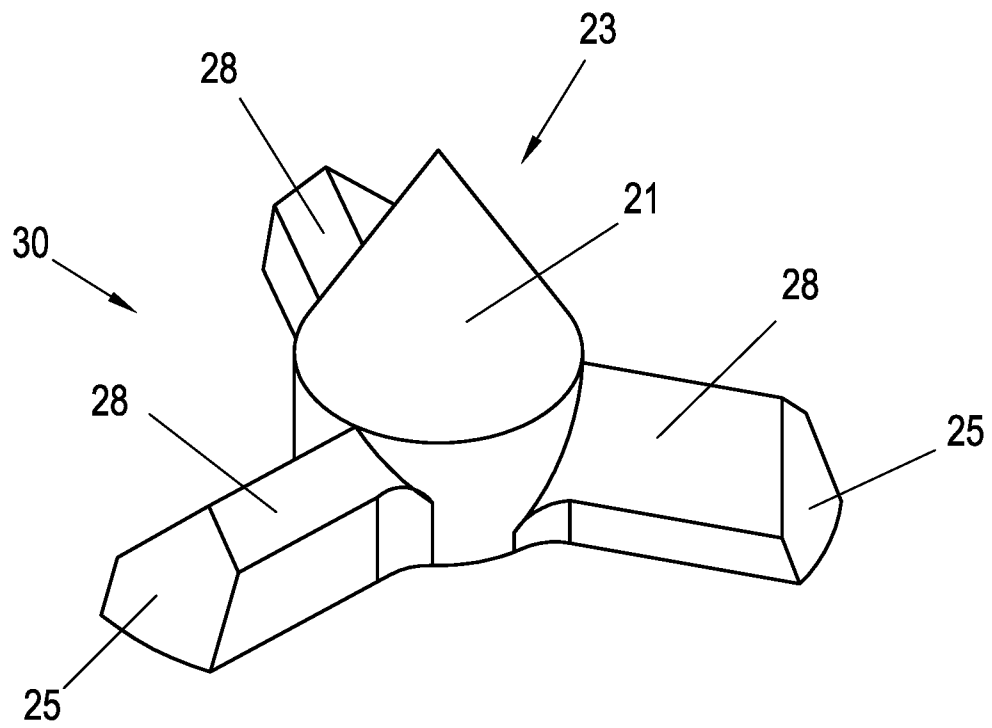


Fig. 4

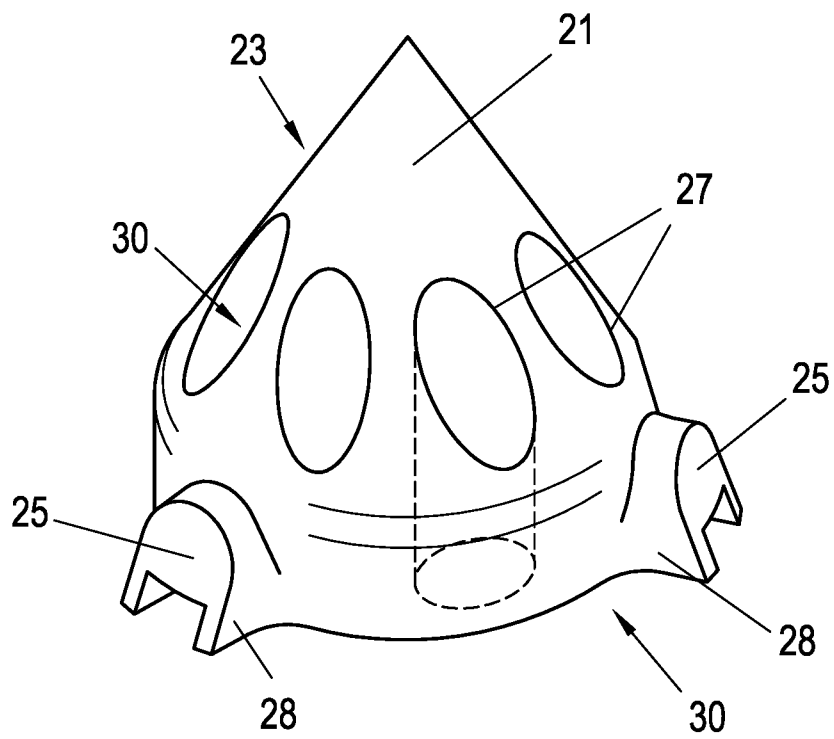


Fig. 5

4/4

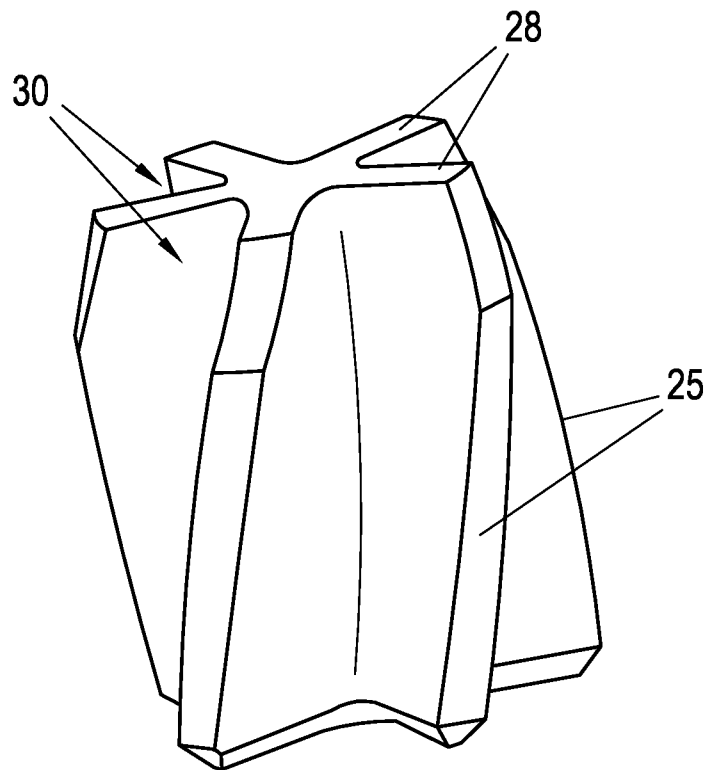


Fig. 6

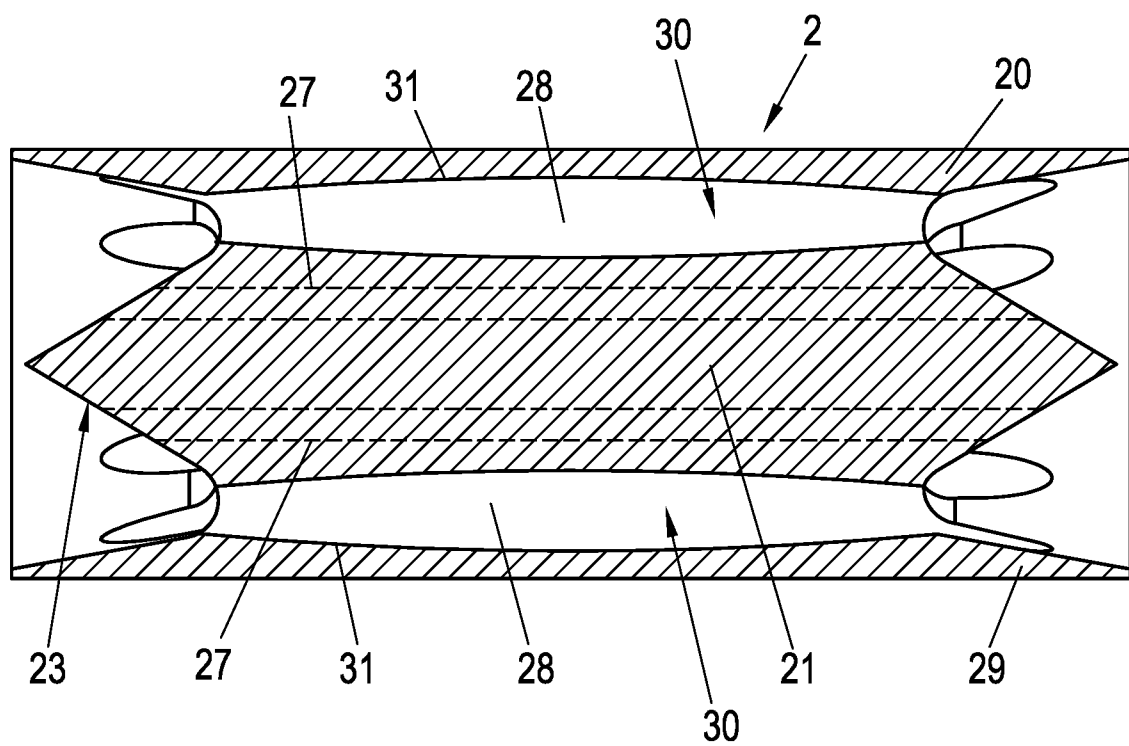


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/065253

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N1/22 B01B1/00 G01N1/40
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B01B F28D F28F G01N

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.
Y	AT 13 239 U1 (AVL LIST GMBH [AT]) 15 September 2013 (2013-09-15) cited in the application paragraph [0021]; figure 2 ----- -/--	1-11



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

15 September 2016

Date of mailing of the international search report

27/09/2016

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Böhler, Robert

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/065253

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Bergles, Arthur E.: "AUGMENTATION OF HEAT TRANSFER, TWO-PHASE", Thermopedia, A-to-Z Guide to Thermodynamics, Heat and Mass Transfer, and Fluids Engineering, 3 February 2011 (2011-02-03), XP55302666, DOI: 10.1615/AtoZ.a.augmentation_of_heat_transfer_two-phase Retrieved from the Internet: URL: http://www.thermopedia.com/content/575/ [retrieved on 2016-09-14] Abschnitt: Convecvtive Boiling/Evaporation	1-11
A	Wieland Werke Ag: "Star Tubes for enhanced heat transfer", 15 June 2015 (2015-06-15), XP002761881, Retrieved from the Internet: URL: http://www.wieland-thermalsolutions.com/mediaPool/content/media/en/prospekte/hochleistungsrohre/Sternprofilrohre.pdf [retrieved on 2016-09-14] the whole document	1-11
A	DE 10 2004 041815 A1 (GVP GES ZUR VERMARKTUNG DER PO [DE]) 9 March 2006 (2006-03-09) paragraphs [0027] - [0029]	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/065253

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
AT 13239	U1	15-09-2013	AT 13239 U1	15-09-2013
			DE 202013100053 U1	04-03-2013
			KR 20140042629 A	07-04-2014
			US 2014093435 A1	03-04-2014

DE 102004041815 A1	09-03-2006	DE 102004041815 A1		09-03-2006
		EP 1784253 A1		16-05-2007
		WO 2006024410 A1		09-03-2006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01N1/22 B01B1/00 G01N1/40 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B01B F28D F28F G01N		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	AT 13 239 U1 (AVL LIST GMBH [AT]) 15. September 2013 (2013-09-15) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0021]; Abbildung 2 ----- -/--	1-11
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
15. September 2016		27/09/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Böhler, Robert

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	Bergles, Arthur E.: "AUGMENTATION OF HEAT TRANSFER, TWO-PHASE", Thermopedia, A-to-Z Guide to Thermodynamics, Heat and Mass Transfer, and Fluids Engineering, 3. Februar 2011 (2011-02-03), XP55302666, DOI: 10.1615/AtoZ.a.augmentation_of_heat_transfer_two-phase Gefunden im Internet: URL: http://www.thermopedia.com/content/575/ [gefunden am 2016-09-14] Abschnitt: Convecvtive Boiling/Evaporation -----	1-11
A	Wieland Werke Ag: "Star Tubes for enhanced heat transfer", 15. Juni 2015 (2015-06-15), XP002761881, Gefunden im Internet: URL: http://www.wieland-thermalsolutions.com/mediaPool/content/media/en/prospekte/hochleistungsrohre/Sternprofilrohre.pdf [gefunden am 2016-09-14] das ganze Dokument -----	1-11
A	DE 10 2004 041815 A1 (GVP GES ZUR VERMARKTUNG DER PO [DE]) 9. März 2006 (2006-03-09) Absätze [0027] - [0029] -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/065253

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
AT 13239 U1	15-09-2013	AT 13239 U1	15-09-2013
		DE 202013100053 U1	04-03-2013
		KR 20140042629 A	07-04-2014
		US 2014093435 A1	03-04-2014

DE 102004041815 A1	09-03-2006	DE 102004041815 A1	09-03-2006
		EP 1784253 A1	16-05-2007
		WO 2006024410 A1	09-03-2006
