

(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
30. November 2006 (30.11.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/125417 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B01B 1/00 (2006.01) **B01J 4/00** (2006.01)
B01F 5/04 (2006.01)

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 023 956.0 20. Mai 2005 (20.05.2005) DE

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2006/000866

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **UNIVERSITÄT STUTTGART** [DE/DE]; Kepler-
str. 7, 70174 Stuttgart (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Mai 2006 (19.05.2006)

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **EIGENBERGER,
Gerhart** [DE/DE]; Deidesheimer Str. 21, 67435
Neustadt/Weinstrasse (DE). **FRIEDRICH, Gerhard**
[DE/DE]; Kopernikusstr. 21, 75482 Illingen (DE).
FREUND, Andreas [DE/DE]; Vogelsangstr. 43,

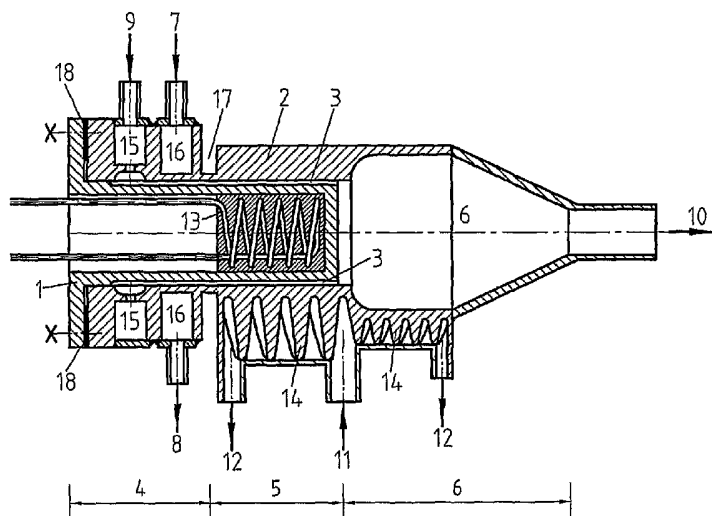
(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COMPACT TOTAL EVAPORATION AND DEVICE FOR CARRYING OUT THE CONTROLLED MIXING, EVAPORATING AND/OR REACTION OF A NUMBER OF FLUIDS

(54) Bezeichnung: KOMPAKTER TOTALVERDAMPFER UND VORRICHTUNG ZUR KONTROLLIERTEN VERMISCHUNG, VERDAMPFUNG UND/ODER REAKTION MEHRERER FLUIDE



(57) Abstract: Continuous and smooth total evaporation of small flows of liquid that vary over time is required in many technical applications. When the evaporation occurs from a larger liquid pool, highly volatile portions are preferably evaporated first. When the total evaporation ensues in narrow evaporation channels, a boiling evaporation easily arises as well as the expelling of unevaporated liquid droplets. In addition, deposits in the narrow evaporation channels can lead to an irreparable breakdown of the evaporator. The novel evaporator avoids the cited drawbacks and is also suited for jointly evaporating a number of fluids that cannot be mixed. The evaporator is comprised of: a cold chamber (4), inside of which a pre-evaporating of the supplied fluid (9) is reliably prevented; an evaporating area (5), which is located downstream therefrom and which is formed by the annular gap (3)

between an inner tube (1) and an outer tube (2) concentrically surrounding the former, the inner and/or outer tube (13) being heated reactively or by a heat-transfer fluid (11), and; an adjoining vapor chamber (6) for damping possible pulsatile pressures. Evaporation channels are incorporated, e.g. in the form of helical grooves in the outside surface of the inner tube (1) or in the inside surface of the outer tube (2). These evaporation channels can be accessed and cleaned when the inner tube and the outer tube are separated. A periodic or continuous self-cleaning is also possible, e.g. by turning or sliding the inner tube against the outer tube. Liquid is prevented from being expelled from the evaporation channels by the formation of the flow guide in the annular gap (3). A device that, to a large extent, is structurally identical to the evaporator also enables the controlled mixing, evaporation and/or reaction of a number of flows of fluid.

(57) Zusammenfassung: Die kontinuierliche, stoßfreie Totalverdampfung zeitlich veränderlicher kleiner Flüssigkeitsströme ist in vielen technischen Anwendungen erforderlich. Erfolgt die Verdampfung aus einem größeren Flüssigkeitspool heraus, so findet zunächst eine bevorzugte Verdampfung leichtflüchtiger

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/125417 A2



70197 Stuttgart (DE). **KOLIOS, Grigorios** [DE/DE]; Pestalozzistr. 57, 79540 Lörrach (DE). **MERTEN, Clemens** [DE/DE]; Gustav-Mahler-Str.45, 70195 Stuttgart (DE). **BERNATT, Jens** [DE/DE]; Schwalbenstr. 38/1, 74613 Öhringen (DE).

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

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

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

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

Anteile statt. Erfolgt die Totalverdampfung in engen Verdampfungskanälen, so kommt es leicht zu einer stoßenden Verdampfung und dem Herausschleudern von unverdampften Flüssigkeitströpfchen. Außerdem können dabei Ablagerungen in den engen Verdampferkanälen zu einem irreparablen Ausfall des Verdampfers führen. Der neue Verdampfer vermeidet die genannten Nachteile und eignet sich außerdem für die gemeinsame Verdampfung mehrerer, auch nicht-mischbarer Fluide. Der Verdampfer besteht aus einem Kaltraum (4), in dem durch Kühlung (16) eine Vorverdampfung des zugeführten Fluids (9) sicher verhindert wird, einer nachfolgenden Verdampferzone (5), die durch den Ringspalt (3) zwischen einem Innenrohr (1) und einem dieses konzentrisch umfassenden Außenrohr (2) gebildet wird, wobei das Innen- und/oder das Außenrohr elektrisch (13) oder über ein Wärmeträgerfluid (11) oder reaktiv beheizt wird, sowie einem anschließenden Dampfraum (6) zur Dämpfung etwaiger Druckpulsationen. Verdampfungskanäle werden z. Bsp. in Form von Spiralnuten in die Außenfläche des Innenrohres (1) oder die Innenfläche des Außenrohres (2) eingearbeitet. Sie sind nach Trennung von Innen- und Außenrohr zugänglich und zu reinigen. Auch eine periodische oder kontinuierliche Selbstreinigung, z. Bsp. durch Verdrehen oder Verschieben von Innen- gegen Außenrohr, ist möglich. Ein Herausschleudern von Flüssigkeit aus den Verdampferkanälen wird durch die Gestaltung der Strömungsführung im Ringspalt (3) behindert. Eine mit dem Verdampfer weitgehend baugleiche Vorrichtung ermöglicht auch die kontrollierte Vermischung, Verdampfung und/oder Reaktion mehrerer Fluidströme.

Kompakter Totalverdampfer und Vorrichtung zur kontrollierten Vermischung, Verdampfung und/oder Reaktion mehrerer Fluide

Die Erfindung betrifft einen kompakten Totalverdampfer, vorzugsweise für kleine bis mittlere Flüssigkeitsströme (wenige g/h bis einige kg/h) in einer neuartigen, und insbesondere in einer zerlegbaren und damit einfach zu reinigenden Ausführung. Die Erfindung ist weitgehend baugleich auch für die kontrollierte Vermischung, Verdampfung und/oder Reaktion eines oder mehrerer Fluide nutzbar.

Die kontrollierte, kontinuierliche Totalverdampfung extern vorgegebener kleiner und mittlerer Flüssigkeitsströme ist in vielen technischen Anwendungen erforderlich. Beispiele sind die gezielte Dosierung von Flüssigkeitsdampf in Labor- und Technikumsanlagen und in kleintechnischen Produktionsanlagen wie dezentralen Kohlenwasserstoff-Reformern zur Erzeugung von Wasserstoff oder Synthesegas. Dabei wird eine möglichst pulsationsfreie Totalverdampfung der zugeführten Flüssigkeit mit schnellem Ansprechverhalten auf Lastwechsel gefordert.

In herkömmlichen technischen Verdampfern mit freier Verdampfungsoberfläche sowie in Umlaufverdampfern findet bei der Verdampfung einer Mischung zunächst eine Verdampfung der Leichtersieder statt, sodass sich die Schwersieder so lange in der Blase anreichern, bis sich ein Gleichgewicht einstellt. Das bedeutet, dass sprunghafte Änderungen des Durchsatzes bei Mehrkomponentenverdampfung auch mit (unerwünschten) Konzentrationsänderungen verbunden sind. Die Totalverdampfung findet daher häufig als Fallfilmverdampfung im Ringspalt zwischen zwei konzentrischen, beheizten Rohren statt. Ein Beispiel dafür findet sich in DE 40 29 260 C1. Allerdings ist die Einstellung eines gleichmäßigen Fallfilms für kleine Flüssigkeitsdurchsätze problematisch. Außerdem neigen auch diese Ringspaltverdampfer wie alle Totalverdampfer zu einer stark pulsierenden Dampfproduktion, wobei größere Flüssigkeitsbereiche überhitzen und dann schlagartig verdampfen.

In DE 197 23 680 B4 wird ein Totalverdampfer für kleine Flüssigkeitsströme beschrieben, wobei die zu verdampfende Flüssigkeit in einem oder in mehreren Kapillarrohren oder Bohrungen zuerst durch einen Kaltraum und nachfolgend durch einen Heißraum geführt wird. Dabei wird durch die Temperierung des Kaltraums eine Vorverdampfung von Flüssigkeit sicher verhindert. Die Totalverdampfung findet anschließend in den Kapillarrohren bzw. Bohrungen des beheizten Heißraums auf einer

kurzen Strecke statt, sodass eine stoßfreie, gleichmäßige Verdampfung erreicht wird. Durch Einbauten wie Wendeln oder Drahtspiralen in den Verdampferröhrchen wird ferner ein Herausschleudern von unverdampften Flüssigkeitströpfchen verhindert. Die Röhrchen oder Bohrungen münden in einen Dampfraum, der als Pulsationsdämpfer etwaige Schwankungen in der Dampfproduktion minimiert.

Mit dieser Vorrichtung lässt sich eine kontrollierte, pulsationsarme Totalverdampfung über einem weiten Durchsatzbereich sicher durchführen. Von Nachteil sind allerdings zum einen der komplexe Aufbau und die aufwendige Fertigung mit mehreren engen und längeren Bohrungen bzw. Röhrchen und den für jede Bohrung vorzusehenden Einbauten. Zum Zweiten kommt es zu einer kaum mehr zu beseitigenden Verstopfung der engen Verdampfungskanäle, wenn sich an ihren Wandungen Feststoffbeläge bilden. Das kann durch nicht flüchtige Verunreinigungen der zu verdampfenden Flüssigkeit oder durch eine allmähliche Belagbildung z. Bsp. infolge der Bildung von Crackprodukten bei der Verdampfung von Kohlenwasserstoffen der Fall sein. Eine weitere Beschränkung stellt die elektrische Beheizung oder die Beheizung über einen fluiden Wärmeträger dar. Gerade im Hinblick auf eine energetisch günstige technische Anwendung ist es vorteilhaft, die erforderliche Verdampfungswärme aus heißen Abgasen oder über die Verbrennung von Restgasen zur Verfügung zu stellen. Zur Verhinderung von Crackprodukten bei der Verdampfung hochsiedender Kohlenwasserstoffe kann es außerdem erforderlich sein, Wasser oder Luft im Verdampfungsbereich gezielt zuzugeben.

Es stellt sich somit die Aufgabe, den in DE 40 29 260 C1 und DE 197 23 680 B4 dokumentierten Stand der Technik im Hinblick auf die genannten Probleme und Anforderungen weiterzuentwickeln. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß wie folgt gelöst:

Im Gegensatz zu DE 40 29 260 C1 wird die nach dem Stand der Technik sinnvolle Trennung des Totalverdampfers in einen Kaltraum zur Verhinderung einer Vorverdampfung der Flüssigkeit, einen anschließenden Heißraum mit engem Strömungsquerschnitt zur schnellen Verdampfung der Flüssigkeit und einen nachfolgenden Dampfraum zur kontrollierten Überhitzung des Dampfes und zur Dämpfung etwaiger Pulsationen prinzipiell beibehalten. Allerdings werden die Verdampfungskanäle nicht wie in DE 197 23 680 B4 durch enge Bohrungen oder als dünne Kapillarröhrchen realisiert. Vielmehr findet die Verdampfung entweder in einem glatten, oder vorzugs-

weise in einem profilierten Ringraum mit kleinem Strömungsquerschnitt zwischen zwei ineinander steckenden, konzentrischen, zylindrischen oder konusförmigen Rohren statt. Im Falle eines nicht profilierten Ringraums oder Ringraumbereichs ist es ein weiteres erfindungsgemäßes Merkmal, diesen Bereich mit strömungsführenden

5 Strukturen, z. Bsp. Drahtgewebe oder profilierten dünnen Blechen zu versehen.

Wie weiter unten gezeigt, hat eine geeignete apparative Gestaltung den Vorteil, dass der Kompaktverdampfer einfach zu öffnen ist, um z. Bsp. die Verdampferkanäle zu reinigen oder z. Bsp. auch mit unterschiedlichen Katalysatoren zu beschichten. In einer weiteren Ausgestaltung wird durch ein Verdrehen oder Verschieben der kon-

10 zentrischen Rohre zueinander erreicht, dass sich die Oberflächenbeläge oder Reaktionsprodukte lösen und ausgespült werden, ohne dass der Verdampfer geöffnet werden muss.

Die für Verdampfung und Überhitzung notwendige Wärme wird entweder nach dem Stand der Technik durch elektrische Heizelemente in den konzentrischen Rohren,

15 durch einen flüssigen oder gasförmigen Wärmeträger und/oder durch die homogene und/oder katalytische Verbrennung von fluiden Brennstoffen eingetragen. Im Falle eines gasförmigen heißen Wärmeträgers besteht eine erfindungsgemäße Gestaltung darin, den Wärmeträger spiralförmig um das äußere konzentrische Rohr zu führen und die Wärmeübertragungsfläche durch spiralförmige Nuten im äußeren konzentri-

20 schen Rohr zu vergrößern. Im Falle einer Verbrennung eines Gases wird das Brenngas oder die für die Verbrennung benötigte Luft ebenfalls spiralförmig um das äußere konzentrische Rohr geführt, wobei der zweite Reaktand an einer oder mehreren, über den Umfang und/oder die Länge der Verdampferzone verteilten Stellen zudosiert wird, wodurch sich eine gleichmäßige Wärmefreisetzung ergibt. Auch hier wird die

25 Wärmeübertragungsfläche zweckmäßigerweise durch spiralförmige Nuten im äußeren konzentrischen Rohr vergrößert. Im Fall einer katalytischen Verbrennung wird der Katalysator vorzugsweise in den Spiralnuten oder als Beschichtung auf der Außenwand der Spiralnuten des äußeren konzentrischen Rohres angeordnet. Die zum Zünden der Verbrennungsreaktion erforderliche Temperatur ist beispielsweise durch

30 eine im innersten konzentrischen Rohr integrierte elektrische Heizung einstellbar.

In einer Ausführungsform enthält der die Verdampfungsstrecke bildende Ringspalt in die Außen- und/oder die Innenseite der ineinander steckenden Rohre eingearbeitete

Kanäle, wobei diese Kanäle vorzugsweise gerade, spiralförmig und/oder zickzack- und/oder mäanderförmig verlaufen sollen. Dabei haben die zickzack- und/oder mäanderförmige sowie die spiralförmige Anordnungen den Vorteil, dass im Inneren der Kanäle befindliche Flüssigkeitströpfchen während der Verdampfung fortlaufend an die Kanalwand geschleudert werden, sodass eine vollständige Verdampfung im Unterschied zu DE 197 23 680 B4 auch ohne weitere Einbauten in den Verdampfungskanälen erreicht wird. Eine besondere Ausgestaltung stellt die gegensinnige spiralförmige Nutzung der Außen- und/oder Innenwände dar, wobei sich die nutenförmigen Kanäle jeweils über dem Umfang kreuzen.

- 5 Sollen mehrere, ineinander lösliche oder nicht ineinander lösliche Fluide gemeinsam verdampft und/oder vermischt werden, so besteht ein erfindungsgemäßes Vorgehen darin, die Fluide in Strömungsrichtung hintereinander dem Ringraum über Bohrungen oder Ringnuten zuzuführen und auf diese Weise vor, nach oder während des Verdampfens zu vermischen. In einer besonderen erfindungsgemäßen Ausgestaltung werden die Fluide so auf unterschiedlichen, sich jeweils stromab kreuzenden nutenförmigen Kanälen verteilt, sodass sie sich erst im Kreuzungspunkt der Kanäle vermischen. Dabei liegen diese Kreuzungspunkte vor oder hinter dem Beginn des Heißraums, sodass die Fluide entweder im bereits vermischten Zustand verdampfen, oder sich erst während oder nach ihrer Verdampfung vermischen.
- 10 Eine entsprechende Vorrichtung lässt sich vorteilhaft auch zur Durchführung von Reaktionen zwischen den zugeführten flüssigen oder gas- oder dampfförmigen Fluiden einsetzen. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung können die Strömungskanäle im Ringraum zwischen Innen- und Außenrohr dazu ganz oder bereichsweise mit einem Katalysator für die durchzuführenden Reaktionen versehen sein. Alternativ
- 15 kann die Reaktion auch durch in den Ringraum eingelegte, strömungsführende Katalysatorstrukturen beeinflusst werden.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen. Die Erfindung soll im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert werden. Dabei zeigen:

- 20 Figur 1 den Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Kompaktverdampfer mit elektrischer Beheizung (obere Hälfte) bzw. mit Beheizung über ein Heißgas oder ein Brenngas (untere Hälfte),

Figur 2 die Abwicklung der mit mehreren spiralförmigen Nuten als Strömungs- und Verdampfungskanäle versehenen Außenfläche des Innenrohres oder Innenfläche des Außenrohres des Kompaktverdampfers von Figur 1,

Figur 3 einen Kompaktverdampfer zur gemeinsamen Verdampfung von zwei getrennt zugeführten Fluiden, oder eine Vorrichtung zur Vermischung, Verdampfung und/oder Reaktion zweier getrennt zugeführter Fluide,

Figur 4 die Abwicklung der gekreuzten Strömungskanäle für die beiden getrennt zugeführten Fluide nach Figur 3.

Figur 1 zeigt eine Grundform der Erfindung im Querschnitt, in der oberen Hälfte mit elektrischer Beheizung, in der unteren Hälfte alternativ oder zusätzlich mit Beheizung über ein Heißgas oder ein Brenngas oder ein Wärmeträgerfluid. Der Totalverdampfer besteht aus zwei Hauptteilen, dem konzentrischen Außenrohr 2 und dem in dieses passgenau eingeschobenen Innenrohr 1. Das Innenrohr 1 wird im Verdampfungs-
bereich 5 über die elektrische Heizung 13 beheizt. In seine Außenfläche und/oder in die Innenfläche des Außenrohres werden zweckmäßigerweise Nuten 19 als Strömungs- und Verdampfungskanäle eingearbeitet, wobei auch ein Ringspalt ohne eingearbeitete Nuten mit oder ohne in den Ringraum eingelegte strömungsführende Strukturen aus z. Bsp. Drahtgewebe oder profilierten dünnen Blechen eine erfindungsgemäße
Ausführung darstellt. Die zu verdampfende Flüssigkeit tritt über den Zulauf 9 und einen ringförmigen Verteilerkanal 15 ein, strömt durch den zwischen Innen- und Außenrohr (1, 2) liegenden Ringspalt 3 oder durch die in die Innenfläche des Außenrohres 2 und/oder die in die Außenfläche des Innenrohres 1 eingearbeiteten Nuten 19 und verdampft im Verdampfungsbereich 5 vollständig. Der gebildete Dampf gelangt in den Dampfraum 6, in dem er ggf. weiter überhitzt wird. Etwaige Druckpulsationen werden bei Austritt aus den engen Verdampfungskanälen 19 bzw. dem Ringspalt 3 in den Dampfraum 6 gedämpft. Der Dampfstrom verlässt den Dampfraum 6 über den Dampfauslass 10.

Entscheidend für eine pulsationsarme vollständige Verdampfung ist es, die Verdampfung auf den Verdampfungsbereich 5 zu beschränken und eine Vorverdampfung im Verteilerkanal 15 sicher zu verhindern. Dazu dient ein Kühlmittel, das über die (vor-

zugsweise tangential angeordneten) Zu- und Ablaufstutzen 7, 8 geführt wird und im Ringraum 16 zirkuliert. Außerdem ist der Heißraum 5 vom Kaltraum 4 durch Ringnuten 17 im Außenrohr 2 und ggf. auch im Innenrohr 1 abgesetzt, sodass die axiale Wärmeleitung zwischen Heiß- und Kaltraum minimiert wird. In einer Ausführungsform wird die zu verdampfende Flüssigkeit hinreichend kalt, d.h. sicher unterhalb der Siedetemperatur, zugeführt oder es wird fortlaufend ein Teilstrom der zugeführten Flüssigkeit über einen externen Kühler (nicht gezeigt) im Kreis gefahren. Dann entfallen die Trennwände zwischen den Ringräumen 15 und 16 sowie der Stutzen 7. In einer weiteren Ausführungsform wird die Kühlung des Kaltraumes 4 über außen am Kaltraum angebrachte Kühlrippen ohne zusätzliches Kühlmittel ausgeführt.

Die Verdampfungskanäle 19 werden als Nuten auf der Außenseite des Innenrohrs 1 und/oder auf der Innenseite des Außenrohrs 2 angebracht. Der Strömungsquerschnitt eines einzelnen Verdampfungskanals liegt zweckmäßig im Bereich 0,05 bis 3 mm², seine Länge zwischen 1 und 25 cm. Die Anzahl der Verdampfungskanäle 19 richtet sich nach der zu verdampfenden Flüssigkeitsmenge, wobei die Kanäle vorzugsweise jeweils parallel zueinander und in gleichem Abstand voneinander angeordnet sind. Die Verdampfungskanäle 19 verlaufen vorzugsweise spiralförmig und/oder zickzack- und/oder mäanderförmig. Dies bewirkt, dass Flüssigkeitströpfchen durch die Zentrifugalkraft bzw. die Umlenkungen wiederholt an die Kanalwand geschleudert werden und so vollständig verdampfen. Bei spiralförmiger Führung überstreicht jede Spiralnute zweckmäßigerweise einen Umfangsbereich zwischen 60 ° und 360 °. Fehlen die nutenförmigen Verdampfungskanäle 19, so erfolgt die Verdampfung im Ringspalt 3 zwischen Innen- und Außenrohr (1, 2). In dieser Ausführungsform beträgt die Spaltweite vorzugsweise nicht mehr als einige Zehntel Millimeter.

In Figur 1 sind Innen- und Außenrohr 1, 2 zylinderförmig ausgeführt. Auch eine konusförmige Ausführungsform beider Rohre erweist sich als zweckmäßig. Sie gewährleistet einen guten Wärmekontakt von Innen- und Außenrohr, wenn die Durchströmung in den nutenförmigen Verdampfungskanälen erfolgt. Es hat sich herausgestellt, dass ein Konuswinkel zwischen 2° und 15° zweckmäßig ist, dies soll aber keine Einschränkung sein. In beiden Fällen werden Innen- und Außenrohr 1, 2 gegeneinander abgedichtet (z. Bsp. durch Dichtung 18) und entweder fest oder lösbar, z. Bsp. über

Schrauben, miteinander verbunden. Letzteres erlaubt eine einfache Demontage zum Zwecke der Reinigung, falls die Verdampfungskanäle durch Belagbildung verstopfen. Außerdem kann so ein in den Verdampfungskanälen angeordneter Katalysator ausgetauscht werden.

- 5 In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform wird durch periodisches oder kontinuierliches Verdrehen oder Verschieben des Innenrohres relativ zum Außenrohr ein sich bildender Belag gelockert und mit dem verdampfenden Fluid ausgespült. Dieses Ausspülen wird erleichtert, wenn der Verdampfungsbereich 5 als Ringspalt 3 (ohne nutenförmige Verdampfungskanäle 19) ausgebildet ist, wobei sich die Spalt-
10 weite zwischen Kaltraum 4 und Dampfraum 6 kontinuierlich oder stufenförmig ändert oder konstant bleibt.

- Die elektrische Heizung 13 wird wie in Figur 1 zweckmäßig in Form von zylindrischen und/oder konischen Heizpatronen in entsprechenden Bohrungen des Innenrohres 1 und/oder (nicht dargestellt) als Heizschale um das Außenrohr 2 angeordnet. In einer
15 weiteren Ausführungsform sind mehrere Heizpatronen in entsprechenden Bohrungen des Innenrohres angeordnet. Anstelle oder zusätzlich zur elektrischen Heizung wird die Verdampfungswärme auch über ein heißes (flüssiges oder gasförmiges) Fluid zugeführt. Im Falle eines Heißgases wird dazu die Außenfläche des Außenrohres 2 erfindungsgemäß mit spiralförmigen Windungen 14 versehen. Damit wird die Wär-
20 meübertragungsfläche erhöht und gleichzeitig das Heißgas gleichmäßig über dem Umfang verteilt und geführt. In Figur 1, unten erfolgt die Heißgaszufuhr 11 vorzugsweise tangential in einen Ringraum. Von dort wird es von den beiden gegensinnig angeordneten Spiralen 14 zu den jeweiligen Ablaufstutzen 12 geführt. Die beiden Strömungswege sind in Figur 1, unten, entsprechend dem unterschiedlichen Wärmebedarf für Verdampfung und Überhitzung mit unterschiedlichen Strömungsquer-
25 schnitten versehen.

- Die Anordnung von Figur 1, unten, ist auch einsetzbar, wenn die benötigte Wärme über eine homogene oder katalytische Verbrennung eines Brenngases erzeugt werden soll. Das entsprechende Brenngas-/Luftgemisch wird dann ebenfalls über den
30 Zulaufstutzen 11 zugeführt und verteilt sich entsprechend auf Heißraum 5 und Dampfraum 6. Alternativ wird Brenngas und/oder Luft über den Stutzen 11 zugeführt. Der zweite Reaktand wird dann getrennt davon in den Ringraum zugeführt bzw.

nachdosiert, wobei die Zufuhr zweckmäßigerweise örtlich verteilt an mehreren Stellen über dem Umfang erfolgt, sodass sich die gewünschte, axial verteilte, aber über dem Umfang gleichmäßige Wärmefreisetzung ergibt. Wird die Verbrennungsreaktion katalytisch unterstützt, wird der Katalysator entweder in Schüttungsform in den Nuten der Spirale 14 oder als Beschichtung auf der Oberfläche des profilierten Außenrohres 2 aufgebracht. Letzteres sorgt für eine direkte Wärmeeinkopplung ohne größere Gasübertemperaturen. Im Falle einer katalytisch unterstützten Verbrennung wird die Reaktion z. Bsp. über eine im Innenrohr angebrachte elektrische Heizung 13 gezündet.

Ist es erforderlich, die zu verdampfende Flüssigkeit vor, während oder unmittelbar nach der Verdampfung mit weiteren (flüssigen oder gasförmigen) Fluiden zu mischen, so erfolgt diese Mischung vor, nach oder im Verdampfungsbereich 5. Das zeigen beispielhaft Figur 3 und 4. Eine entsprechende Vorgehensweise bietet sich z. Bsp. an, wenn die Verdampfung des Fluids alleine zu erhöhter Belagbildung führen würde. Ein Beispiel ist die Verdampfung eines Kohlenwasserstoffgemischs mit hochsiedenden Anteilen wie Diesel. Durch eine Ko-Verdampfung mit Wasser oder unter Luft- bzw. Sauerstoffzufuhr wird die Bildung von Belägen aus Crackprodukten weitgehend unterdrückt.

Für die Zuführung und Vermischung der gemeinsam zu verdampfenden Fluide existieren zahlreiche erfindungsgemäße Möglichkeiten. So werden ein oder mehrere Fluide dem Ringspalt 3 über hintereinander liegende ringförmige Verteilerkanäle 15, 20 zugeführt. In einer Ausführungsform für die gemeinsame Verdampfung zweier Fluide gemäß Fig. 3 und 4 werden jeweils ein Fluid in rechtsdrehende und ein anderes Fluid in linksdrehende Spiralnuten 19 zugeführt. An den Kreuzungspunkten der rechts- und linksdrehenden Spiralen werden die beiden Fluide vermischt. Durch entsprechende geometrische Gestaltung der Spiralnuten 19 liegt der erste Kreuzungspunkt vor, in, oder am Ende der Verdampfungszone 5. Dabei erfolgt die Zufuhr des einen zu verdampfenden Fluids wie in Figur 1 über einen Ringkanal 15 in entsprechende spiralförmige Verdampfungskanäle 19. Das zweite Fluid wird über den Zulauf 23 in einen eigenen Ringraum 20 zugeführt und von dort auf die Strömungskanäle 22 verteilt. Diese sind gegenüber den Verdampfungskanälen 19 als gegensinnige Spiralnuten ausgeführt und beginnen erst in der Höhe des Ringraums 20. Der Ringraum 20

ist durch Öffnungen mit der Oberfläche des Innenrohres 1 verbunden. Diese Öffnungen sind so positioniert, dass sie am Beginn der Strömungskanäle 22 für das zweite Fluid münden, sodass das zweite Fluid zunächst nur in diese Kanäle eintritt. Wie die Abwicklung der Spiralkanäle in Figur 4 zeigt, kreuzen sich die Spiralkanäle 19 und 22 im Bereich des Heißraums 5, sodass die Vermischung und Verdampfung vor, hinter oder an der Kreuzungsstelle beginnt.

Anstelle von gegensinnig laufenden Spiralnuten sind auch andere, sich kreuzende Kanalverläufe erfindungsgemäß. In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausgestaltung enden jeweils die Kanäle 19 (oder die Kanäle 22) bereits an den ersten Kreuzungspunkten, sodass die Fluide anschließend in einem gemeinsamen Kanal 22 (oder 19) weitergeführt werden.

Die in den zwei vorigen Abschnitten beschriebene und exemplarisch in Fig. 3 und 4 gezeigte Vorrichtung lässt sich auch vorteilhaft für die kontrollierte Durchführung chemischer Reaktionen einsetzen, wenn die zu reagierenden Fluide auf die verschiedenen Ringspaltkanäle verteilt werden, sodass die Reaktion nach ihrem Zusammentreffen einsetzt oder beeinflusst wird.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden die Strömungskanäle im Ringraum zwischen Innen- und Außenrohr dazu ganz oder bereichsweise mit einem Katalysator für die durchzuführende Reaktion versehen. Alternativ wird die Reaktion auch durch in den Ringraum eingelegte strömungsführende Katalysatorstrukturen beeinflusst.

Handelt es sich um eine Reaktion mit großer Wärmetönung, so besteht eine weitere erfindungsgemäße Ausgestaltung darin, dass die Zuführungen 7, 11 und die Auslässe 8, 12 zur Verteilung bzw. Zirkulation eines geeigneten Wärmeträgers genutzt werden.

Bezeichnungen:

- | | |
|----|--|
| 1 | Innenrohr |
| 2 | Außenrohr |
| 3 | Ringspalt zwischen Innen- und Außenrohr |
| 5 | 4 Kaltraum |
| 5 | Verdampfungsbereich, beheizt |
| 6 | Dampfraum |
| 7 | Kühlmittel-Zulauf |
| 8 | Kühlmittel-Ablauf |
| 10 | 9 Fluidzulauf |
| 10 | Dampfauslass |
| 11 | Heißgaszufuhr |
| 12 | Heißgasablauf |
| 13 | Elektrische Heizung |
| 15 | 14 Heißgas-Verteilerspale |
| 15 | Fluid-Verteilerkanal (Ringraum) |
| 16 | Kühlmittel-Ringraum |
| 17 | Ringnuten zur Reduzierung der axialen Wärmeleitung |
| 18 | Dichtung zwischen Außen- und Innenrohr |
| 20 | 19 Ringspaltkanäle in Form von Nuten, Kerben oder Einfräsungen |
| 20 | Ringraum zur Verteilung weiterer Fluide |

- 21 Zuführungsbohrungen für weitere Fluide
- 22 Ringspalt-Kanäle für weitere Fluide
- 23 Zulauf für weitere Fluide

Ansprüche

1. Totalverdampfer für Flüssigkeiten, bestehend aus einem Kaltraum zur Verhin-
5 derung einer Vorverdampfung, einem sich anschließenden Verdampfungsbereich mit
engem Strömungsquerschnitt zur schnellen Verdampfung der Flüssigkeit und einem
nachfolgenden Dampfraum zur Pulsationsdämpfung und zur kontrollierten Überhit-
10 zung des Dampfes, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampfungsbereich aus
dem Spalt zwischen konzentrisch ineinander liegenden zylindrischen und/oder ko-
nusförmigen Rohrstücken gebildet wird und die für die Verdampfung und Überhit-
zung notwendige Wärme durch elektrische Beheizung und/oder durch ein heißes
Fluid und/oder durch katalytische und/oder homogene Verbrennung über die Wand
der konzentrischen Rohre eingetragen wird.
2. Totalverdampfer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die konzen-
15 trischen Rohrstücke im Verdampfungsbereich passgenau ineinander liegen und ein-
zelne Verdampfungskanäle in die Innen- und/oder Außenwände der konzentrischen
Rohrstücke eingearbeitet sind.
3. Totalverdampfer nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die
konzentrisch ineinander liegenden Rohrstücke durch z. Bsp. Aufschrupfen, Verlö-
ten oder Verschweißen fest miteinander verbunden sind, oder dass sie sich gegen-
20 einander verdrehen, verschieben und/oder lösen lassen.
4. Totalverdampfer nach Anspruch 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die
Verdampfungskanäle in Form zick-zack- und/oder mäanderförmiger und/oder in
Form gerader und/oder spiralförmiger, einfacher und/oder sich kreuzender Nuten
ausgeführt sind.
- 25 5. Totalverdampfer nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die
ineinander liegenden und die Wände des Verdampfungsbereichs bildenden konzen-
trischen Rohre ständig oder in periodischen Abständen axial und/oder in Umfangs-
richtung gegeneinander verschoben werden.
6. Totalverdampfer nach Anspruch 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der
30 Querschnitt der einzelnen Verdampfungskanäle $0,05$ bis 3 mm^2 , ihre Kanallänge 10

bis 250 mm beträgt und die Verdampfungskanäle einen Umfangswinkelbereich zwischen 0 ° und 360 ° überstreichen.

7. Totalverdampfer nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdampfungswärme von einem heißen Gas über das äußerste konzentrische Rohr eingebracht wird, wobei das Heißgas durch am Außenrohr angebrachte äußere Nu-
5 ten spiralförmig um das Außenrohr herum geführt wird.

8. Totalverdampfer nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass anstelle eines heißen Gases ein sauerstoff- bzw. brennstoffhaltiges Gas durch die spiralförmigen äußeren Nuten geführt wird und die Verbrennung in den Nuten homogen oder
10 an einem Katalysator abläuft, wobei die für die Verbrennung nötigen Komponenten entweder vorgemischt zugeführt werden oder das Brenngas bzw. das sauerstoffhaltige Gas örtlich verteilt an mehreren Stellen zugegeben wird.

9. Totalverdampfer nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zum Zünden der Verbrennungsreaktion erforderliche Temperatur über eine elektrische
15 Beheizung der konzentrischen Rohre erzeugt wird.

10. Totalverdampfer nach Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass im Kaltraum eine Vorverdampfung der Flüssigkeit dadurch verhindert wird, dass der Kaltraum durch eine Kühlvorrichtung entsprechend temperiert wird oder ein Teil der zu verdampfenden Flüssigkeit fortlaufend über einen äußeren Kühler umgepumpt
20 wird.

11. Vorrichtung zur Vermischung und zur Verdampfung und/oder Reaktion mehrerer Fluide, dadurch gekennzeichnet, dass der Vermischungs-, Verdampfungs- und/oder Reaktionsbereich aus dem Ringspalt zwischen konzentrisch ineinander liegenden, zylindrischen und/oder konusförmigen, elektrisch und/oder über einen Wär-
25 meträger temperierten Rohrstücken gebildet wird und die verschiedenen Fluide gemeinsam oder nacheinander über dem Umfang und/oder der Länge verteilt so zugeführt werden, dass sie sich miteinander vermischen, wobei Wärmezufuhr oder Abfuhr und Mischort so gewählt werden, dass die Fluide entweder gar nicht oder vor oder während oder nach ihrer Vermischung verdampfen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die verschiedenen Fluide so nacheinander auf verschiedene sich stromab kreuzende Strö-

munungskanäle verteilt werden, die in eine oder in beide der sich gegenüber liegenden Wände der ineinander liegenden Rohre eingearbeitet sind, dass sie sich erst in Kreuzungspunkten dieser Kanäle vermischen.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die
5 Strömungskanäle im Ringraum zwischen Innen- und Außenrohr ganz oder bereichs-
weise mit einem Katalysator für eine durchzuführende Reaktion versehen sind.
14. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Ringspalt
zwischen Innen- und Außenrohr ganz oder bereichsweise mit strömungsführenden
10 Strukturen versehen ist, die ganz, teilweise oder gar nicht mit Katalysator versehen
sind.

Fig. 1

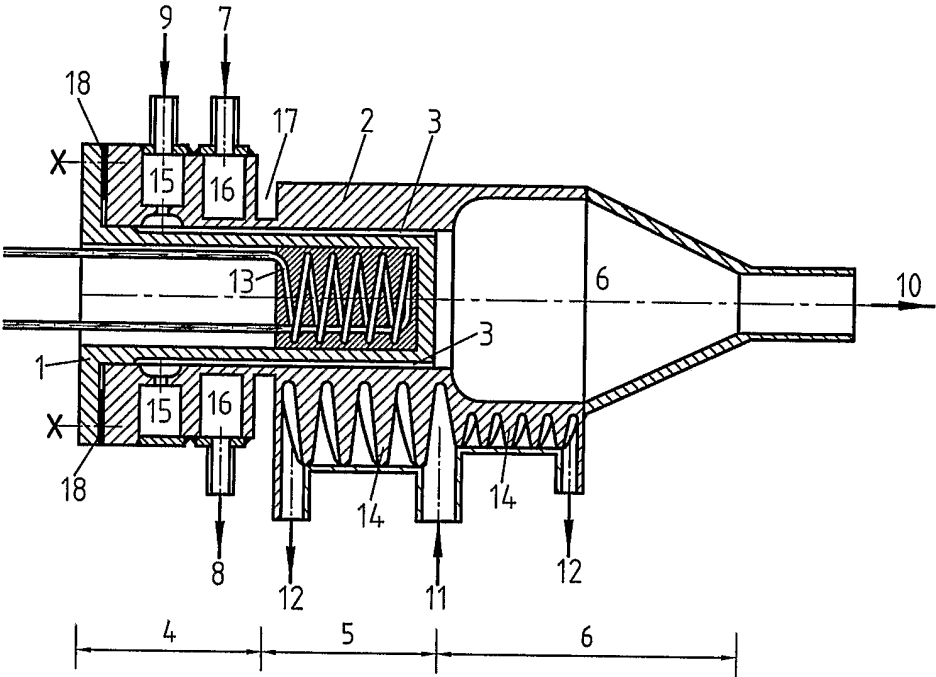


Fig. 2

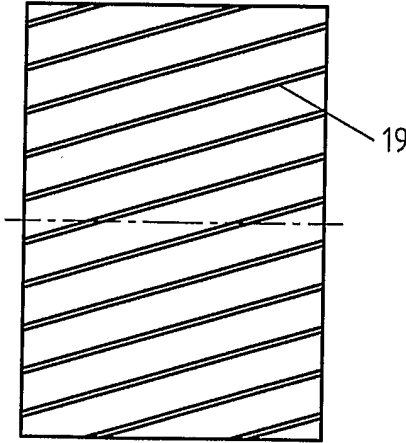


Fig. 3

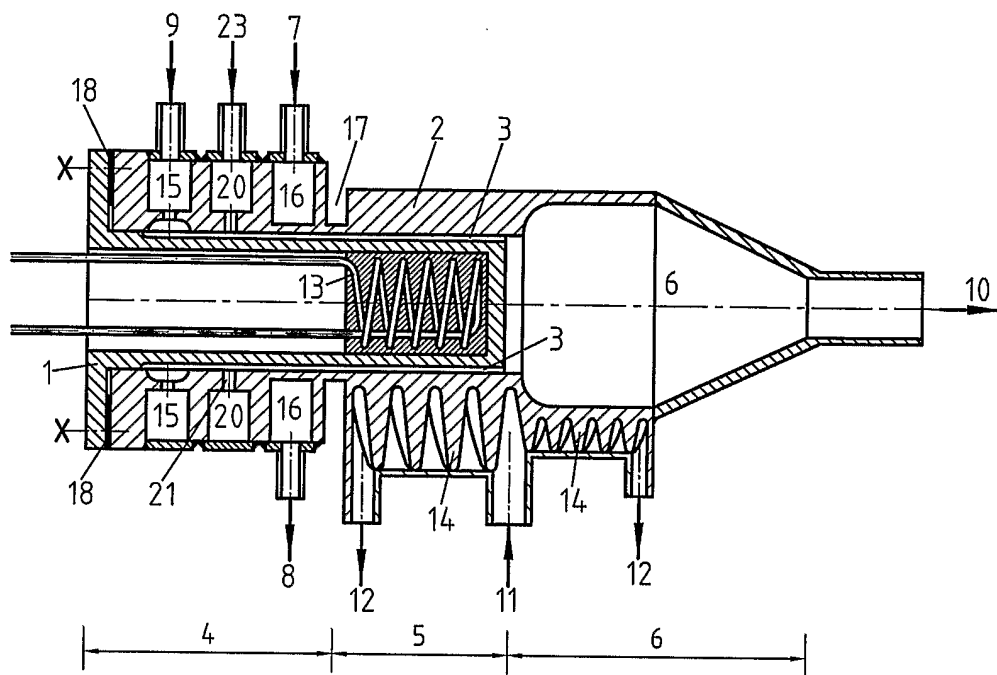


Fig. 4

