

## **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM REINIGEN VON INNENRÄUMEN VON BEHÄLTERN UND ANLAGEN**

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Reinigung von Innenräumen von Behältern und Anlagen. Sie betrifft ein Verfahren und eine Reinigungsvorrichtung zum Entfernen von Ablagerungen in Innenräumen von Behältern und Anlagen mittels Explosionstechnologie. Die Reinigungsvorrichtung ist insbesondere zur  
5 Ausübung des erfindungsgemässen Verfahrens ausgelegt.

Das Verfahren und die Vorrichtung dienen im Speziellen der Reinigung von verschmutzten und verschlackten Behältern und Anlagen mit Anbackungen an dessen Innenwänden, insbesondere von Verbrennungsanlagen.

10

Heizflächen z. B. von Müllverbrennungsanlagen oder allgemein von Verbrennungskesseln unterliegen im allgemeinen starken Verschmutzungen. Diese Verschmutzungen haben anorganische Zusammensetzungen und entstehen typischerweise durch Ablagerung von Ascheteilchen an der Wand. Beläge im Bereich von hohen Rauchgas-Temperaturen sind meist sehr hart, da sie entweder geschmolzen oder angeschmolzen auf der Wand kleben bleiben oder von tiefer schmelzenden oder kondensierenden Substanzen bei deren Erstarrung an der kälteren Kesselwand zusammengeklebt werden. Solche Beläge lassen sich durch bekannte Reinigungs-  
15 verfahren nur schwer und unzureichend entfernen. Dies führt dazu, dass der Kessel zwecks Reinigung periodisch abgestellt und abgekühlt werden muss. Da solche  
20 Kessel meist ziemlich grosse Abmessungen aufweisen, ist dazu oft der Aufbau eines

Gerüsts im Ofen notwendig. Dies erfordert zudem einen Betriebsunterbruch von mehreren Tagen oder Wochen und ist ausserdem für das Reinigungspersonal wegen des starken Staub- und Schmutzanfalls äusserst unangenehm und ungesund. Eine meist zwangsläufige Begleiterscheinung eines Betriebunterbruchs einer Anlage sind  
5 Schäden an Behältermaterialien selber als Folge der starken Temperaturänderungen. Neben den Reinigungs- und Reparaturkosten sind die Anlagenstillstandskosten durch den Produktions- bzw. Einnahmefall ein wichtiger Kostenfaktor.

Herkömmliche Reinigungsverfahren, welche bei abgestellten Anlagen angewendet  
10 werden, sind beispielsweise Kesselklopfen sowie die Verwendung von Dampfstrahler, Wasserstrahlbläser/Russbläser sowie Sandstrahlen.

Ferner ist ein Reinigungsverfahren bekannt, bei welchem der erkaltete oder der in Betrieb befindliche, heisse Kessel mittels Einbringen und Zünden von Sprengkörpern  
15 gereinigt wird. Bei dem im Dokument EP 1 067 349 beschriebenen Verfahren wird ein gekühlter Sprengkörper mittels einer gekühlten Lanze in die Nähe der verschmutzten Heizfläche gebracht, wo die Sprengladung gezündet wird. Die Heizflächen-Anbackungen werden durch die Wucht der Detonation sowie durch die von den Schockwellen erzeugten Wandschwingungen abgesprengt. Die Reinigungszeit  
20 kann mit dieser Methode im Vergleich zu den herkömmlichen Reinigungsverfahren wesentlich verkürzt werden. Die Reinigung kann mit den nötigen Sicherheitsvorkehrungen während des Betriebs des Verbrennungsofens bzw. noch im heissen Zustand des Behälters stattfinden. So ist es möglich, einen Kessel auf diese Art innert  
25 Reinigungsmethode Tage gebraucht werden.

Nachteilig bei dem in der EP 1 067 349 beschriebenen Verfahren ist die Notwendigkeit von Sprengstoff. Neben den hohen Kosten für das Sprengmaterial muss zur Vermeidung von Unfällen oder Diebstahl, beispielsweise bei der Lagerung des  
30 Sprengstoffs, ein grosser Sicherheitsaufwand betrieben werden. Das Einbringen von

Sprengmaterial in einen heissen Behälter erfordert zudem ein absolut zuverlässiges und effizientes Kühlsystem um ein vorzeitiges Detonieren des Sprengstoffs zu verhindern.

- 5 Aus der EP 1 362 213 B1 ist ein weiteres Reinigungsverfahren bekannt, welches sich ebenfalls dem Mittel der Explosionserzeugung bedient. Anstelle von Sprengstoff wird gemäss diesem Verfahren jedoch ein mit einem explosionsfähigen Gasgemisch aufblasbare Behälterhülle an das Ende einer Reinigungslanze angebracht. Die Reinigungslanze wird zusammen mit der leeren Behälterhülle in den Kesselraum  
10 eingeführt und in der Nähe der zu reinigenden Stelle positioniert. Anschliessend wird die Behälterhülle mit einem explosionsfähigen Gasgemisch aufgeblasen. Durch Zünden des Gasgemisches in der Behälterhülle wird eine Explosion erzeugt, deren Schockwellen zur Ablösung von Verschmutzungen an den Kesselwänden führen. Die Behälterhülle wird durch die Explosion zerfetzt und verbrannt. Sie stellt daher  
15 Gebrauchsmaterial dar.

Dieses Verfahren und die dazugehörige Vorrichtung weisen gegenüber der oben genannten Sprengtechnologie mit Sprengstoff den Vorteil auf, dass das Verfahren günstig im Betrieb ist. So sind z. B. die Ausgangskomponenten eines Gasgemisches,  
20 welches Sauerstoff und ein brennbares Gas umfasst, im Vergleich zu Sprengstoff kostengünstig. Des Weiteren erfordern das Beschaffen und der Umgang mit den besagten Gasen im Gegensatz zu Sprengstoff keine besonderen Bewilligungen oder Qualifikationen, so dass jedermann mit einer entsprechenden Schulung das Verfahren ausführen kann.

25

Ferner ist es auch ein Vorteil, dass die Ausgangskomponenten über separate Zuleitungen der Reinigungslanze zugeführt werden und das gefährliche explosionsfähige Gasgemisch daher erst in der Reinigungslanze kurz vor Auslösung der Explosion hergestellt wird. Im Vergleich zu Sprengstoff ist nämlich der Umgang mit

- 4 -

den einzelnen Komponenten des Gasgemisches weitaus weniger gefährlich, da diese einzeln höchsten brennbar jedoch nicht explosiv sind.

Das dazugehörige Verfahren weist den Nachteil auf, dass das Hantieren mit der  
5 Behälterhülle recht umständlich ist. So muss für jeden Reinigungsvorgang jeweils eine Behälterhülle über die Austrittsöffnung der Reinigungsvorrichtung befestigt werden. Dieser Vorgang ist auch recht zeitaufwändig, so dass die einzelnen Reinigungsvorgänge jeweils vergleichsweise viel Zeit beanspruchen.

10 Im Weiteren ist auch der Befüllungsvorgang vergleichsweise langsam. Dies rührt daher, weil das explosionsfähige Gemisch nur mit einer relativ kleinen Befüllgeschwindigkeit in die Behälterhülle eingelassen werden kann, damit sich diese kontrolliert entfalten und ausdehnen kann, ohne dass es zur Beschädigung der-  
selbigen kommt. Wird das explosionsfähige Gemisch nämlich mit hoher Geschwin-  
15 digkeit in die Behälterhülle eingelassen, so wird diese durch den erzeugten Unterdruck zusammengezogen und expandiert nicht. Ferner können sogar einzelne Schichten der Behälterhülle an der Innenseite abgeschält werden.

Zudem kann die expandierte Behälterhülle nicht in enge Bereiche, wie sie zum  
20 Beispiel bei Rohrbündeln vorliegen, eingeführt werden. Das heisst, das explosionsfähige Gemisch kann nicht vor Ort in die zu reinigenden, engen Bereiche hineingeführt und dort zur Explosion gebracht werden. Das explosionsfähige Gemisch kann vielmehr nur von ausserhalb dieser Bereiche gezündet werden, wobei die in die engen Bereiche eindringenden Explosionswellen für einen eingeschränkten Reini-  
25 gungseffekt sorgen.

Ferner ist permanent für einen Nachschub an Verbrauchsmaterial in Form von Behälterhüllen zu sorgen. Das Verbrauchsmaterial stellt überdies einen zusätzlichen Kostenfaktor dar. So müssen die Behälterhüllen in der Regel in Handarbeit gefertigt  
30 werden, was entsprechend teuer ist.

- 5 -

Überdies fallen bei der Verwendung von Behälterhüllen Rückstände an, welche durch die Explosion nicht vollständig verbrannt werden. Diese Rückstände können den Betrieb der zu reinigenden Anlage beeinträchtigen.

- 5 Aufgabe vorliegender Erfindung ist es daher, die in der EP 1 362 213 B1 beschriebene Reinigungsvorrichtung und das dazugehörige Verfahren so zu modifizieren, dass eine gezielte und sogar verbesserte Reinigungswirkung erreicht wird. Es sollen insbesondere auch enge Bereiche für das Explosionsgemisch zugänglich sein.
- 10 Gemäss einer weiteren Aufgabe soll die Durchführung des Verfahrens weniger umständlich und weniger zeitaufwändig sowie kostengünstiger sein.

Gemäss einer weiteren Aufgabe sollen bei der Durchführung des Reinigungsverfahrens möglichst keine Rückstände anfallen.

- 15 Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1 und 18 gelöst. Weiterbildungen und besondere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei sind Merkmale der Verfahrensansprüche sinngemäss mit den Vorrichtungsansprüchen
- 20 kombinierbar und umgekehrt.

Das im Zusammenhang mit der Erfindung offenbarte Reinigungsverfahren beruht darauf, ein explosionsfähiges Gemisch in die Nähe einer zu reinigenden Stelle zu bringen, um anschliessend das Gemisch zur Explosion zu bringen.

- 25 Das explosionsfähige Gemisch ist wenigstens im explosionsfähigen Zustand gasförmig.

- Gemäss einer ersten Variante kann das explosionsfähige Gemisch aus einer in das
- 30 Reinigungsgerät eingeleiteten, gasförmigen Komponente gebildet werden. Das

- 6 -

heisst, die eingeleitete gasförmige Komponente bildet bereits das explosionsfähige, gasförmige Gemisch aus.

Gemäss einer zweiten Variante kann das explosionsfähige Gemisch aus zwei oder  
5 mehr und insbesondere aus zwei, separat in das Reinigungsgerät eingeleiteten, gasförmigen Komponenten ausgebildet werden. Die gasförmigen Komponenten werden im Reinigungsgerät in einer Mischzone miteinander zum explosionsfähigen, gasförmigen Gemisch vermischt. Die Mischzone ist insbesondere vor der oder in der Speisedruckleitung angeordnet.

10

Gasförmige Komponenten bedeutet, dass diese bei der Ausbildung des explosionsfähigen Gemischs im Aufnahmeraum und insbesondere bereits bei der Einleitung in das Reinigungsgerät gasförmig vorliegen. Die gasförmigen Komponenten, auch Ausgangskomponenten genannt, können jedoch in Druckbehältern unter Druck auch  
15 in Flüssigform vorliegen. Die gasförmige Komponente kann insbesondere eine schnell verdampfende Flüssigkeit sein.

Das explosionsfähige Gemisch enthält insbesondere einen Brennstoff sowie ein Oxidationsmittel, wie z. B. gasförmiger Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gas.  
20 Der Brennstoff kann flüssig oder gasförmig sein. Dieser kann z. B. aus der Gruppe der brennbaren Kohlenwasserstoffe, wie Acetylen, Ethylen, Methan, Aethan, Propan, Benzin, Öl, etc. sein. So ist z. B. eine erste gasförmige Komponente ein Brennstoff und eine zweite gasförmige Komponente das Oxidationsmittel.

25 Das explosionsfähige Gemisch wird insbesondere im Aufnahmeraum des Reinigungsgeräts bereit gestellt.

Zur Auslösung der Explosion wird das Gemisch insbesondere über eine Zündeinrichtung gezündet.

30

Die Wucht der Explosion und die durch die Stosswellen in Schwingung gebrachte Fläche, z.B. eine Behälter- oder Rohrwand, bewirken das Absprengen der Wandanbackungen und Verschlackungen und somit das Reinigen der Fläche.

- 5 Die für eine Reinigung notwendige Stärke der Explosion und somit die Menge der verwendeten gasförmigen Komponenten zur Erzeugung des explosionsfähigen Gemischs, richtet sich nach der Art der Verschmutzung und nach Grösse und Art des verschmutzten Behälters. Dosierung und Stärke der Explosion können und werden vorzugsweise so gewählt, dass keine Schäden an Installationen entstehen. Die Mög-
- 10 lichkeit der optimalen Dosierung der verwendeten Stoffe vermindert einerseits die Reinigungskosten, andererseits das Gefahren- und Schadensrisiko für Anlage und Personen.

- Das Reinigungsgerät enthält insbesondere eine Speisedruckleitung, auch Zufuhr-
- 15 leitung genannt, über welche das explosionsfähige Gemisch zu einer Auslassöffnung geleitet wird.

- Die Speisedruckleitung bildet insbesondere einen geschlossenen Speisedruckkanal, auch Zufuhrkanal genannt, aus. Dieser kann einen Kreisquerschnitt ausbilden und
- 20 einen Durchmesser von 150 mm (Millimeter) oder weniger, oder von 100 mm oder weniger, oder von 60 mm oder weniger, und insbesondere von 55 mm oder weniger aufweisen. Der Durchmesser kann ferner 20 mm oder grösser, oder 30 mm oder grösser, insbesondere 40 mm oder grösser sein.

- 25 Die Länge der Speisedruckleitung kann z. B. 1 m (Meter) oder mehr, oder 2m oder mehr, oder 3m oder mehr, oder 4m oder mehr betragen.

- Das Reinigungsgerät enthält insbesondere eine Auslasseinrichtung, welche die Auslassöffnung enthält. Die Auslasseinrichtung ist in Ausströmrichtung insbesonde-
- 30 re im Anschluss an die Speisedruckleitung angeordnet.

- 8 -

Insbesondere die Auslasseinrichtung bildet einen Aufnahmeraum zur Aufnahme wenigstens eines Teils des zugeführten explosionsfähigen Gemisches aus. Insbesondere die Speisedruckleitung und die Auslasseinrichtung bilden einen Aufnahmeraum zur Aufnahme wenigstens eines Teils des zugeführten explosionsfähigen Gemisches aus.

Der Aufnahmeraum ist insbesondere über die Auslassöffnung nach aussen offen.

Das explosionsfähige Gemisch wird z. B. im Aufnahmeraum, insbesondere in der Speisedruckleitung, zur Explosion gebracht. Die Explosionsdruckwelle breitet sich durch die Auslassöffnung in den Innenraum der Anlage bzw. des Behälters aus.

Ein solches Verfahren mit der dazugehörigen Vorrichtung kann beispielsweise zur Reinigung von Katalysatoren in Rauchgasreinigungseinrichtungen eingesetzt werden. Die durch die Auslassöffnung des Reinigungsgeräts austretenden Explosionsdruckwellen wirken dabei auf den Katalysator ein und lösen Verschmutzungen.

Die Auslassöffnung ist z. B. während der Zündung und Explosion des explosionsfähigen Gemischs nach aussen offen.

Die Auslassöffnung ist insbesondere während der Zündung und Explosion des explosionsfähigen Gemischs nach aussen offen. Die Auslassöffnung ist insbesondere während der Einleitung des explosionsfähigen Gemischs in den Aufnahmeraum nach aussen offen.

Die Auslassöffnung ist insbesondere während eines kompletten Reinigungszyklus, umfassend das Einleiten eines explosionsfähigen Gemisches und die Zündung und Explosion des explosionsfähigen Gemisches, nach aussen offen. Die Auslassöffnung kann insbesondere nicht-verschliessbar sein.

- 9 -

Das Gesamtvolumen an explosionsfähigem Gemisch wird wenigstens durch das Volumen an explosionsfähigem Gemisch im Aufnahmeraum ausgebildet.

Optional kann die Auslassöffnung während der Einleitung des explosionsfähigen Gemischs in den Aufnahmeraum verschlossen sein. Die Auslassöffnung kann mittels einer Abdeckung verschlossen sein. Die Abdeckung ist z. B. montierbar. Die Abdeckung kann flexibel oder starr sein. Die Abdeckung kann aus Kunststoff sein. Die Abdeckung kann plattenartig sein. Die Abdeckung kann so ausgebildet sein, dass diese durch die Explosion des explosionsfähigen Gemisches zerstört wird und so den Weg für die Explosionsdruckwelle durch die Auslassöffnung nach aussen frei gibt. Das Gesamtvolumen an explosionsfähigem Gemisch wird hier ausschliesslich durch das Volumen an explosionsfähigem Gemisch im Aufnahmeraum ausgebildet.

Gemäss einem weiteren Aspekt der Erfindung wird wenigstens ein Teil des eingeleiteten explosionsfähigen Gemisches über die Auslassöffnung des Reinigungsgeräts in den Innenraum des Behälters oder Anlage eingeleitet. Dabei wird im Innenraum eine Wolke aus dem explosionsfähigen Gemisch gebildet. Diese Wolke wird zur Explosion gebracht.

Im vorliegenden Fall umfasst das Gesamtvolumen an explosionsfähigem Gemisch das Volumen an explosionsfähigem Gemisch im Aufnahmeraum des Reinigungsgeräts und das Volumen der ausserhalb des Reinigungsgeräts ausgebildeten Wolke aus explosionsfähigem Gemisch.

Die Wolke zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass diese im Innenraum gegenüber der Umgebungsatmosphäre nicht über physische Mittel bzw. über eine Barriere, wie z. B. eine Behälterhülle, abgegrenzt ist. Der Randbereich der Wolke steht vielmehr in direktem Kontakt mit der Umgebungsatmosphäre.

- 10 -

Das Gesamtvolumen des explosionsfähigen Gemisches wird über eine Zünd-  
einrichtung im Aufnahmeraum und insbesondere in der Speisedruckleitung gesteuert  
zur Zündung gebracht.

- 5 Umfasst das Gesamtvolumen des explosionsfähigen Gemischs eine Wolke, so wird  
auch diese zusammen mit dem Volumen im Aufnahmeraum über die Zündeinrich-  
tung gesteuert zur Explosion gebracht.

- Die zündwirksame Komponente der Zündeinrichtung ist insbesondere im Reini-  
10 gungsgerät angeordnet. Die zündwirksame Komponente der Zündeinrichtung ist zum  
Beispiel in der Speisedruckleitung angeordnet oder steht mit dieser zumindest in  
Wirkverbindung.

- Das Gesamtvolumen aus dem explosionsfähigen Gemisch, gegebenenfalls inklusive  
15 der Wolke, wird beispielsweise in einem Zeitraum von 2 Sekunden oder weniger  
erzeugt. Das Gesamtvolumen wird bevorzugt in einem Zeitraum von 1 Sekunde oder  
weniger, bevorzugt von 0.5 Sekunden oder weniger, insbesondere von 0.2 Sekunden  
oder weniger oder sogar von 0.1 Sekunden oder weniger erzeugt. Das Gesamt-  
volumen kann jedoch auch in einem Zeitraum von 0.03 Sekunden oder weniger  
20 erzeugt werden. Als möglicherweise optimal hat sich ein Zeitraum von 0.01 bis 0.2  
Sekunden heraus gestellt.

- Der genannte Zeitraum umfasst insbesondere das Einleiten des explosionsfähigen  
Gemisches in den Aufnahmeraum.  
25

Der besagte Zeitraum berechnet sich insbesondere vom Öffnen der weiter unten  
beschriebenen Dosierarmatur(en) zum Einleiten der wenigstens einen gasförmigen  
Komponente in die Speisedruckleitung des Reinigungsgeräts bis zum Schliessen der  
Dosierarmatur(en) zwecks Beendigung der Einleitung.

- 11 -

Die Zündung und folglich die Explosion des explosionsfähigen Gemisches ist steuerungstechnisch insbesondere auf den Zeitpunkt der Schliessung der Dosierarmatur(en) abgestimmt.

- 5 Die Zündung erfolgt insbesondere unmittelbar auf die Schliessung der Dosierarmaturen. Die Zündung weist insbesondere höchstens eine sehr kurze Verzögerung auf.

- 10 Die Zeitspanne zwischen dem Öffnen der Dosierarmatur(en) zwecks Einleiten der wenigstens einen gasförmigen Komponente und der Zündung des explosionsfähigen Gemischs liegt daher insbesondere ebenfalls im oben beschriebenen Zeitraum.

- 15 Letztendlich wird die untere Grenze dieses Zeitraums technisch insbesondere durch die Anordnung und Schaltbarkeit der Dosierarmatur(en) zum Einleiten der wenigstens einen gasförmigen Komponente in das Reinigungsgerät bestimmt.

- 20 Zur Ausbildung des Gesamtvolumens an explosionsfähigem Gemisch wird die wenigstens eine gasförmige Komponente über die wenigstens eine Dosierarmatur insbesondere mit einer derart hohen Geschwindigkeit in das Reinigungsgerät eingeleitet, dass das explosionsfähige Gemisch in der Speisedruckleitung eine Druckfront, auch Stossfront genannt, ausbildet.

- 25 Die Druckfront bildet in Ausströmrichtung betrachtet die Grenze zwischen dem explosionsfähigen Gemisch hinter der Druckfront und der Umgebungsatmosphäre vor der Druckfront aus.

Das explosionsfähige Gemisch weist in Strömungsrichtung hinter der Druckfront insbesondere einen Überdruck auf.

Der Überdruck entspricht der Druckdifferenz zwischen dem tatsächlichen Druck und dem (atmosphärischen) Umgebungsdruck. Dieser Überdruck kann, 0.5 bar oder mehr, oder 1 bar oder mehr, und insbesondere 2 bar oder mehr betragen. Der Überdruck kann auch 2.5 bar oder mehr oder sogar 3 bar oder mehr betragen.

5

Die Zündung des explosionsfähigen Gemischs geschieht insbesondere in die vorgeannten Überdruckverhältnisse hinein.

Da das explosionsfähige Gemisch hinter der Druckfront einen Überdruck aufweist, zeichnet sich dieses, bezogen auf die Umgebungsbedingungen, auch durch eine höhere Dichte auf. Dies liegt daran, dass das aus dem Druckbehälter eingeleitete verdichtete Gas zum Zeitpunkt der Zündung im Reinigungsgerät noch nicht vollständig entspannt ist sondern vielmehr immer noch unter Überdruck steht und daher verdichtet ist.

15

Das heisst unter den erfindungsgemässen Bedingungen wird pro Volumeneinheit mehr Masse an explosionsfähigem Gemisch in das Reinigungsgerät geleitet als bei herkömmlichen, offenen Reinigungssystemen, bei welchen die Einleitung des Gases vergleichsweise langsam erfolgt und sich das Gas mit der Ausbildung des explosionsfähigen Gemisches spätestens jedoch bis zum Zeitpunkt der Zündung auf Umgebungsdruck entspannt hat.

Das Einleiten der gasförmigen Komponenten unter Überdruck und entsprechend mit hoher Dichte erlaubt, innert kürzester Zeit eine hohe Masse an explosionsfähigem Gemisch zur Verfügung zu stellen. Das heisst, das erfindungsgemässe Verfahren erlaubt, innert sehr kurzer Zeit einen grossen Massestrom in das Reinigungsgerät einzuleiten und zu zünden.

Da die Explosionsleistung von der Masse des zur Verfügung stehenden explosionsfähigen Gemisches abhängig ist, wird auch die Explosionsleistung bei höherer Dichte

30

- 13 -

des explosionsfähigen Gemischs bei gleichbleibendem Volumen entsprechend grösser.

Die Druckfront stösst insbesondere die Umgebungsluft in Strömungsrichtung vor  
5 sich her. Die Druckfront stösst insbesondere die Umgebungsluft über die Auslass-  
öffnung aus dem Reinigungsgerät aus. Insbesondere eine Durchmischung zwischen  
dem explosionsfähigen Gemisch und der Umgebungsluft im Speisedruckkanal bzw.  
in der Auslasseinrichtung bleibt aus oder bleibt minimal.

10 Das explosionsfähige Gemisch und mit diesem die Druckfront können sich mit einer  
Geschwindigkeit von 100 m/s oder mehr, insbesondere von 200 m/s oder mehr zur  
Auslassöffnung hin bewegen bzw. zu dieser hin strömen.

Mit der Zündung des explosionsfähigen Gemisches in der Speisedruckleitung wird  
15 eine sich in Richtung Auslassöffnung bewegende Explosionsdruckwelle erzeugt. Die  
Ausbreitung der Explosionsdruckwelle erfolgt mit sehr hoher Geschwindigkeit.  
Diese übersteigt insbesondere die Schallgeschwindigkeit und kann z. B. im Bereich  
von 3000 m/s liegen.

20 Der Explosionsdruck beträgt jeweils ein Vielfaches des Druckes des explosions-  
fähigen Gemischs vor der Explosion. Der Explosionsdruck kann beispielsweise das  
25-fache des Ausgangsdrucks betragen. Weist nun das explosionsfähige Gemisch  
einen Überdruck auf, so verstärkt sich auch der Explosionsdruck um das ent-  
sprechende Vielfache.

25

Weist das explosionsfähige Gemisch beispielsweise einen Druck von 1 bar auf  
(Umgebungsdruck), so entspricht der Explosionsdruck bei einer Verstärkung um das  
25-fache rund 25 bar. Weist das explosionsfähige Gemisch jedoch einen Druck von 2  
bar auf (im Überdruckbereich, höhere Dichte), so entspricht der Explosionsdruck bei  
30 einer Verstärkung um das 25-fache bereits rund 50 bar. Entsprechend ist der

Explosionsdruck und somit der Reinigungseffekt sehr viel höher, wenn das zur Zündung gebrachte explosionsfähige Gemisch im Reinigungsgerät einen Überdruck aufweist.

- 5    Gemäss einem Aspekt der Erfindung wird das explosionsfähige Gemisch gezündet, wenn sich die Druckfront noch in der Speisedruckleitung befindet. Gemäss einem Aspekt der Erfindung wird das explosionsfähige Gemisch gezündet, wenn sich die Druckfront noch in der Auslasseinrichtung befindet.
- 10   Gemäss einem Aspekt der Erfindung ist die Wolke aus explosionsfähigem Gemisch zum Zeitpunkt der Zündung noch nicht ausgebildet bzw. noch nicht vollständig ausgebildet. So kann die Wolke beispielsweise erst mit Zündung des explosionsfähigen Gemisches ausgebildet oder fertig ausgebildet werden. So kann das explosionsfähige Gemisch durch die sich in der Speisedruckleitung in Richtung Auslassöffnung
- 15   fortbewegende Explosionsdruckwelle unter Ausbildung der explosionsfähigen Wolke aus der Auslassöffnung ausgestossen und unmittelbar zur Explosion gebracht werden.

- Ein Explosionszyklus kann ähnlich einem Verbrennungsmotor in verschiedene Takte
- 20   aufgeteilt sein. In einem ersten Takt wird bzw. werden die Dosierarmatur(en) zur Speisedruckleitung geöffnet und die wenigstens eine gasförmige Komponente wird, z. B. aus wenigstens einem Druckbehälter, mit Druck in das Reinigungsgerät eingeleitet und als explosionsfähiges, gasförmiges Gemisch über die Speisedruckleitung zur Auslasseinrichtung geleitet. Gegebenenfall wird über die Auslasseinrichtung
- 25   ausserhalb der Auslassöffnung die Wolke ausgebildet.

- Nach Einleiten der vorgegebenen Menge an gasförmiger Komponente wird die wenigstens eine Dosierarmatur geschlossen. Im Anschluss daran wird die Zündung aktiviert und das ausgebildete Gesamtvolumen an explosionsfähigem Gemisch zur
- 30   Explosion gebracht. Im Anschluss an die Explosion kann durch erneutes Öffnen der

- 15 -

wenigstens einen Dosierarmatur erneut ein gasförmiges, explosionsfähiges Gemisch im Aufnahmeraum erzeugt werden.

5 Wird das Gesamtvolumen an explosionsfähigem Gemisch in sehr kurzer Zeit erzeugt, können mit dem erfindungsgemässen Verfahren auch gepulste Explosionen erzeugt werden. Das heisst, es werden in kurzen Zeitabständen hintereinander z. B. jeweils entsprechende Gesamtvolumina aus explosionsfähigem Gemisch erzeugt und zur Explosion gebracht.

10 Es können z. B. in einer Sekunde eine oder mehrere Explosionen erzeugt werden. So ist es möglich, innerhalb einer Sekunde 2 bis 10 Explosionen zu erzeugen. Ferner können gepulste Explosionen Schwingungen in der Anlage bzw. im Behälter erzeugen, welche den Reinigungsprozess fördern.

15 Das Verfahren zur Erzeugung von gepulsten Explosionen weist auch den Vorteil auf, dass mehrere Gesamtvolumina an explosionsfähigem Gemisch, umfassend jeweils einer Wolke, in kurzer Zeit nacheinander erzeugt werden können. Die Volumina dieser Wolken können im Vergleich zur Erzeugung einzelner Wolken in grösserem zeitlichen Abstand zueinander kleiner dimensioniert werden. Die Wolken von gepulsten Explosionen können z. B. ein Volumen von 1 bis 5 Liter aufweisen. Grössere  
20 Wolken sind auch möglich.

Bei kleineren Wolken sind die Verluste durch Entmischung in den Randzonen, insbesondere bei starker Strömung in der Umgebungsatmosphäre kleiner, so dass  
25 trotz geringerer Grösse der Wolke eine vergleichsweise hohe Explosionskraft erzielt wird. Ferner ist bei der sehr kurzen Bildungszeit kleinerer Wolken auch die Gefahr der Selbstzündung bei hohen Temperaturen wesentlich geringer. Die Erzeugung kleinerer Wolken hat ferner auch den Vorteil, dass das Reinigungsgerät kleiner ausgebildet werden kann.

Die Ausbildung des explosionsfähigen Gemischs in der Speisedruckleitung geht einher mit der Bildung der Wolke aus dem explosionsfähigen Gemisch beim Austritt aus der Auslassöffnung des Reinigungsgeräts am Ende der Speisedruckleitung.

- 5 Je kürzer dieser Zeitraum ist, desto geringer ist der Grad der Durchmischung der Wolke mit der Umgebungsatmosphäre im Innenraum des Behälters bzw. der Anlage bei der Zündung des Gemisches.

- Überdies wurde überraschend festgestellt, dass zwischen der Umgebungsatmosphäre,  
10 welche beispielsweise aus heissen Rauchgasen (200° bis 1000°C) gebildet wird, und dem explosionsfähigen Gemisch ein vergleichsweise grosser Dichteunterschied besteht, welcher einer Durchmischung entgegenwirkt.

- Der Grad der Durchmischung des aus der Auslassöffnung austretenden explosions-  
15 fähigen Gemisches mit der Umgebungsatmosphäre hängt jedoch nicht nur mit der Zeitspanne zusammen, über welche sich die Bildung der Wolke und die anschließende Zündung erstrecken. Vielmehr ist auch die Geometrie der an die wenigstens eine Speisedruckleitung anschliessenden Auslasseinrichtung, welche wenigstens eine Auslassöffnung ausbildet, mitentscheidend.

- 20 Es hat sich nämlich gezeigt, dass eine abrupt endende Speisedruckleitung zur Verwirbelung des austretenden explosionsfähigen Gemisches und folglich zu dessen Verdünnung führt. So wird insbesondere im Bereich der Auslassöffnung, an welcher das explosionsfähige Gemisch die Speisedruckleitung mit hoher Geschwindigkeit  
25 verlässt, die Umgebungsatmosphäre, z. B. Rauchgase, angesaugt. Dies führt zu einer Verdünnung des Gemisches unter die Explosionsgrenze. Die Verdünnung rührt von Durchmischungsvorgängen mit der Umgebungsatmosphäre im Innenraum des Behälters bzw. der Anlage durch Verwirbelungsvorgänge.

Eine Verdünnung des explosionsfähigen Gemisches bedeutet jedoch den Verlust der Explosionsfähigkeit. Im besten Falle brennt ein derart verdünntes Gemisch lediglich ab oder es geschieht trotz grosser Hitze im Behälter bzw. in der Anlage gar nichts mehr.

5

Der Verwirbelungseffekt ist nun um so stärker, je höher die Austrittsgeschwindigkeit des explosionsfähigen Gemisches aus der Speisedruckleitung ist. Gerade zur Erzeugung einer Wolke aus einem explosionsfähigen Gemisch im Innenraum des Behälters bzw. der Anlage ist es wichtig, dass diese Wolke möglichst schnell erzeugt und gezündet wird. Je schneller eine solche Wolke nämlich erzeugt und gezündet werden kann, desto besser bleibt diese bis zur Zündung erhalten, d.h. desto geringer ist die Verdünnung der Wolke durch Durchmischungsvorgänge. Dadurch wird die Explosionsfähigkeit des Gemisches erhalten.

15 Die möglichst rasche Erzeugung einer solchen Wolke bedingt jedoch gerade hohe Austrittsgeschwindigkeiten des explosionsfähigen Gemisches aus der Speisedruckleitung. Doch gerade diese Massnahme führt wie erwähnt zu einer erhöhten Durchmischung der sich bildenden Wolke mit der Umgebungsatmosphäre aufgrund von Wirbelströmungen bei Austritt aus der Speisedruckleitung.

20

Diese Problematik ist mit ein Grund, weshalb das Gemisch bis anhin in einer Behälterhülle geschützt in den Innenraum des Behälters bzw. der Anlage eingeleitet wurde.

25 Das erfindungsgemässe Reinigungsgerät enthält eine Speisedruckleitung und eine am Ende der Speisedruckleitung angeordnete Auslasseinrichtung mit wenigstens einer Auslassöffnung.

Die Speisedruckleitung und die Auslasseinrichtung bilden z. B. einen Aufnahme-  
30 raum zur Aufnahme wenigstens eines Teils des eingeleiteten explosionsfähigen Ge-

misches aus. Der Aufnahmeraum ist z. B. über die wenigstens eine Auslassöffnung nach aussen offen.

Das Reinigungsgerät und insbesondere dessen Auslasseinrichtung ist z. B. zum  
5 Einleiten des explosionsfähigen Gemischs in den Innenraum des Behälters oder der Anlage und zur Ausbildung einer Wolke aus dem explosionsfähigen Gemisch im Innenraum des Behälters oder der Anlage ausgelegt.

Die Querschnittsfläche der wenigstens einen Auslassöffnung ist bevorzugt grösser  
10 als die Querschnittsfläche des Speisedruckkanals der wenigstens einen Speisedruckleitung.

Die Auslasseinrichtung kann auch mehrere Auslassöffnungen enthalten. Ferner können auch mehrere Speisedruckleitungen zur Auslasseinrichtung geführt sein. Die  
15 Auslasseinrichtung enthält insbesondere einen oder eine Mehrzahl von Auslasskörpern, welche die Auslassöffnung bzw. die Auslassöffnungen ausbilden.

Der Auslasskörper ist ein Bauteil, welches einen Strömungskanal für das explosionsfähige Gemisch ausbildet, der in der Auslassöffnung mündet. Die  
20 Auslassöffnung bezeichnet den Übergang von des Reinigungsgeräts zum Innenraum des Behälters bzw. der Anlage, in welchem das ausströmende explosionsfähige Gemisch nicht mehr durch das Reinigungsgerät geführt ist.

Der Auslasskörper bzw. dessen Strömungskanal sind Teil des Aufnahmeraums für  
25 das explosionsfähige Gemisch.

Die Auslasskörper können durch eine gemeinsame oder durch separate Speisedruckleitungen mit dem explosionsfähigen Gemisch gespiesen werden. Entsprechend kann die Auslasseinrichtung an eine oder mehrere Speisedruckleitungen angeschlossen

sein. Die Auslasseinrichtung kann auch Leitungsverzweigungen enthalten, welche das explosionsfähige Gemisch zu den einzelnen Auslasskörpern führen.

5      Ferner kann eine Speisedruckleitung auch in einen Verteilerraum geführt sein, von welchem aus das explosionsfähige Gemisch über Durchlässe den einzelnen Auslasskörpern zugeführt wird. Der Verteilerraum kann zum Beispiel kugel- oder halbkugelförmig ausgebildet sein. Im Verteilerraum können ein oder mehrere Strömungsleitelemente angeordnet sein. Ein solches Strömungsleitelement kann z. B. als Prallkugel ausgebildet sein.

10

In diesen Fällen ist die Gesamtquerschnittsfläche der Auslassöffnungen bevorzugt grösser als die Querschnittsfläche des Speisedruckkanals bzw. grösser als die Gesamtquerschnittsfläche der Speisedruckkanäle.

15      Die Gesamtquerschnittsfläche der Durchlässe im Verteilerraum kann von leicht grösser bis leicht kleiner als die Querschnittsfläche des Speisedruckkanals bzw. als die Gesamtquerschnittsfläche der Speisedruckkanäle sein.

20      Die Auslasseinrichtung bzw. deren Auslasskörper, welcher die Auslassöffnung umfasst, ist bevorzugt als Diffusor ausgebildet. Der Diffusor bildet zugleich Teil des Aufnahmeraums für ein explosionsfähiges Gemisch aus.

Enthält die Auslasseinrichtung mehrere Auslasskörper, so können diese auch eine zylindrische Form oder eine andere geometrische Form aufweisen.

25

Die Auslasseinrichtung bzw. deren Auslasskörper kann als Endabschnitt der Speisedruckleitung ausgebildet sein.

Ein Diffusor ist ein Bauteil, welches Gasströmungen verlangsamt. Er zeichnet sich  
30      durch eine, ausgehend von der Speisedruckleitung zunehmende Querschnittsver-

- 20 -

grösserung zur Auslassöffnung hin aus. Diese Querschnittsvergrößerung ist bevorzugt kontinuierlich. Der Diffusor stellt im Prinzip die Umkehr einer Düse dar.

Es hat sich nämlich überraschend gezeigt, dass die Ausgestaltung des Endabschnittes der Speisedruckleitung als Diffusor bzw. des Auslasskörpers der Auslasseinrichtung als Diffusor, die Ausbildung einer explosionsfähigen Wolke aus dem explosionsfähigen Gemisch im Innenraum des Behälters bzw. der Anlage ermöglicht, ohne dass diese durch eine Behälterhülle geschützt werden muss.

Der Diffusor bewirkt eine Veränderung der Einleitgeschwindigkeit von einem hohen Wert in der Speisedruckleitung zu einem geringeren Wert im Bereich der wenigstens einen Auslassöffnung. Durch die Verlangsamung des explosionsfähigen Gemisches zur Auslassöffnung hin, wird die Wirbelbildung und somit die Durchmischung des Gemisches mit der Umgebungsatmosphäre unmittelbar im Anschluss an die Auslassöffnung verhindert bzw. zumindest erheblich reduziert.

Da die Strömung insbesondere unmittelbar vor der Auslassöffnung verlangsamt wird, wird das explosionsfähige Gemisch trotzdem mit vergleichsweise hoher Geschwindigkeit und unter erhöhtem Druck über die Speisedruckleitung der Auslasseinrichtung zugeführt. Dies erlaubt z. B. eine schnelle Bildung der Wolke im Innenraum. Derselbe Effekt erlaubt auch die schnelle Befüllung des Aufnahmeraumes mit explosionsfähigem Gemisch.

Im Weiteren dehnen sich die aus dem Speisedruckkanal in den Diffusor eintretenden gasförmigen Komponenten des explosionsfähigen Gemisches durch die Querschnittsvergrößerung aus. Dadurch wird eine Abkühlung des explosionsfähigen Gemisches erreicht. Dieser abkühlende Effekt ist bei der Ausbildung der Wolke von Vorteil, da die Temperatur der sich ausbildenden Wolke im Innenraum erheblich unter der Selbstzündungstemperatur liegt. Dadurch wird auch die Gefahr der Selbst-

- 21 -

zündung bzw. einer Zündung der Wolke durch die heisse Umgebungsatmosphäre im Innenraum des Behälters bzw. der Anlage reduziert bzw. ausgeschlossen.

5 So hat sich nämlich überraschend gezeigt, dass eine mit dem erfindungsgemässen Verfahren erzeugte Wolke aus einem explosionsfähigen Gemisch im Innenraum einer Verbrennungsanlage nicht gezündet wird, selbst wenn die Umgebungstemperatur im Innenraum weit über der Selbstzündungstemperatur liegt. Dies rührt wie erwähnt daher, dass einerseits die Wolke im Vergleich zur Befüllung einer Behälterhülle in sehr kurzer Zeit gebildet und zur Zündung gebracht wird, so dass sich diese  
10 im Innenraum einerseits nicht über die Selbstzündungstemperatur erwärmen kann und andererseits nicht mit der Umgebungsatmosphäre durchmischt wird.

Bevor die Wolke durch die heisse Umgebung auf die Selbstzündungstemperatur erwärmt ist, wird diese bereits über das Reinigungsgerät kontrolliert gezündet.  
15

Der Diffusor enthält insbesondere eine trichterförmige Erweiterung oder besteht aus einer solchen. Der Diffusor besteht insbesondere aus Metall. Er kann aus Metallblech, wie Stahlblech, gefertigt sein.

20 Der trichterförmige Diffusor kann z. B. zur seiner Längsachse hin zusammenklappbar ausgebildet sein. Auf diese Weise lässt sich die Auslasseinrichtung des Reinigungsgeräts durch eine enge Öffnung in den Innenraum führen und dort auseinanderklappen. Zum Herausziehen der Auslasseinrichtung aus dem Innenraum wird der trichterförmige Diffusor wieder zu seiner Längsachse hin zusammengeklappt.

25 Der Strömungsquerschnitt kann dank dem Diffusor insbesondere ausgehend vom Speisedruckkanal zur Auslassöffnung hin stetig vergrößert werden.

Die Speisedruckleitung geht zur Auslassöffnung hin z. B. in eine trichterförmige Erweiterung über. Dieser Übergang ist z. B. kontinuierlich.  
30

Der Speisedruckkanal kann einen gleichbleibenden Querschnitt aufweisen. Der Querschnitt des Speisedruckkanals kann sich zur Auslasseinrichtung hin auch vergrössern. Die Querschnittsvergrößerung kann kontinuierlich sein.

5

Es kann insbesondere vorgesehen sein, dass sich der Querschnitt in einem definierten Abschnitt in der Mischzone, insbesondere im Bereich und/oder im Anschluss an das Innenrohr-Ende vergrössert. Die Querschnittsvergrößerung kann divergent sein.

- 10 Der Öffnungswinkel des Diffusors ist bevorzugt  $45^\circ$  (Winkelgrade) oder kleiner, vorzugsweise  $30^\circ$  oder kleiner, und insbesondere  $20^\circ$  oder kleiner sein. Der besagte Öffnungswinkel kann insbesondere auch  $15^\circ$  oder kleiner oder gar  $10^\circ$  oder kleiner sein. Der Öffnungswinkel entspricht dem Winkel zwischen der Längsachse der Speisedruckleitung und der Öffnungsachse der trichterförmigen Erweiterung. Die
- 15 Öffnungsachse verbindet den in Richtung der Längsachse äussersten Punkte der trichterförmigen Erweiterung auf der Höhe der Auslassöffnung mit jenem Punkt am Speisedruckkanal, an welcher sich der Speisedruckkanal in die trichterförmige Erweiterung öffnet.

- 20 Gemäss einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung beträgt das Verhältnis der Länge des Diffusors zum grössten Durchmesser der Auslassöffnung 2:1 oder mehr, und vorzugsweise 3:1 und insbesondere 5:1 oder mehr. Die Länge des Diffusors wird entlang der Längsachse gemessen.

- 25 Gemäss einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung beträgt das Verhältnis des grössten Durchmessers der Auslassöffnung zum Innendurchmesser der Speisedruckleitung 3:1 oder mehr, und insbesondere 5:1 oder mehr.

- Gemäss einer besonderen Weiterbildung der Erfindung entspricht die trichterförmige
- 30 Erweiterung wenigstens näherungsweise einem Exponentialtrichter. Die Quer-

- 23 -

schnittsfläche eines Exponentialtrichters wird bevorzugt durch eine Exponentialfunktion beschrieben:

$$A(x) = A_h \cdot e^{kx}$$

$A_h$  ist dabei der Flächenquerschnitt des Trichterhalses,  $k$  die Trichterkonstante bzw.

- 5 das Öffnungsmaß des Trichters und  $A(x)$  sein Flächenquerschnitt im Abstand  $x$  vom Trichterhals.

Gemäss einer besonderen Weiterbildung der Erfindung ist im Diffusor ein Verwirbelungselement angeordnet. Das Verwirbelungselement dient der zusätzlichen Herabsetzung der Strömungsgeschwindigkeit im Diffusor vor dem Austritt des Gemisches.

10

Die Auslasseinrichtung kann dazu ausgelegt sein, mehrere oder eine gemeinsame Wolke aus dem explosionsfähigen Gemisch auszubilden.

- 15 Die Auslassöffnungen einer Mehrzahl von Auslasskörpern können in unterschiedliche räumliche Richtungen ausgerichtet sein.

Zur Ausbildung der wenigstens einer Wolke sind verschiedene Anordnungsvarianten für die Auslasskörper möglich. So können die Auslasskörper mit ihren Auslassöffnungen beispielsweise von einem Zentrum bzw. einer Zentrumsachse radial nach aussen ausgerichtet sein. Die Auslasskörper können insbesondere von einem Zentrum in unterschiedliche räumliche Richtungen radial nach aussen verlaufend ausgerichtet sein. Die unterschiedlichen räumlichen Richtungen können in zwei Dimensionen, d.h. in einer Ebene, oder in drei Dimensionen liegen.

20

25

So können die Auslasskörper:

- von einem Zentrum radial nach aussen gerichtet sein, wobei die Auslassöffnungen eine kugelförmige oder halbkugelförmige Auslassfläche definieren;

- 24 -

- in einer Ebene, d.h. z. B. scheibenförmig von einem Zentrum radial nach aussen angeordnet sein, wobei die Auslassöffnungen eine ringförmige Auslassfläche definieren; oder
- von einer Zentrumsachse radial nach aussen gerichtet sein, wobei die Auslass-  
5      öffnungen eine zylinderförmige Auslassfläche definieren.

Die Auslassöffnungen sind dabei immer radial nach aussen angeordnet.

Sämtliche der beschriebenen Auslasseinrichtungen können an einem reinigungs-  
seitigen Ende einer Reinigungslanze wie sie im allgemeinen Beschreibungsteil und  
10      insbesondere in den Figuren 1 und 2 beschrieben ist, angeordnet sein.

So kann beispielsweise das zur Auslasseinrichtung geleitete explosionsfähige  
Gemisch über mehrere solcher Auslasskörper unter Ausbildung einer gemeinsamen  
Wolke oder mehrerer benachbarter Wolken in den Innenraum des Behälters bzw. der  
15      Anlage geleitet werden.

Gemäss einer besonderen Ausführungsform der Auslasseinrichtung, ist diese so  
konstruiert, dass der Gasstrom eine Auslenkung um  $90^\circ$  aus der Längsrichtung zur  
Seite hin erfährt. Die wenigstens eine Auslassöffnung ist dabei zur Seite hin ge-  
20      richtet. Die Auslasseinrichtung ist insbesondere T-förmig, mit zwei zur Seite hin ge-  
richteten Auslassöffnungen ausgebildet. Gemäss dieser Ausführungsform teilt sich  
der Gasstrom in der Auslasseinrichtung und wird jeweils um  $90^\circ$  zur Seite hin  
umgelenkt.

25      Zur Erzeugung des explosionsfähigen Gesamtvolumens wird wenigstens eine  
gasförmige Komponente aus wenigstens einem Druckbehälter über wenigstens eine  
Dosierarmatur mit Überdruck in das Reinigungsgerät eingeleitet. An dem oder den  
Druckbehältern können Drucksensoren zum Messen des Druckes im oder in den  
Druckbehältern vorgesehen sein.

So kann jeweils eine erste und zweite gasförmige Komponente aus jeweils wenigstens einem Druckbehälter über jeweils wenigstens eine Dosierarmatur separat in das Reinigungsgerät eingeleitet werden. Mehrere gasförmige Komponenten werden insbesondere im stöchiometrischen Verhältnis zueinander in das Reinigungs-  
5 gerät eingeleitet.

Die wenigstens eine Dosierarmatur dient der dosierten Einleitung der wenigstens einen gasförmigen Komponente in das Reinigungsgerät. Die Dosierarmaturen sind insbesondere Ventile. Die Ventile können Magnetventile sein.

10

Die wenigstens eine gasförmige Komponente kann direkt oder indirekt über wenigstens einen Einleitkanal am Reinigungsgerät in die Speisedruckleitung eingeleitet werden.

15 Die Druckbehälter können beispielsweise einen Maximaldruck zu Beginn der Einleitung von mehreren Bar, wie 10 bar oder mehr, und insbesondere von 20 bar oder mehr aufweisen. So kann ein Druck von 20 bis 40 bar vorgesehen sein. Dies erlaubt die Einleitung der gasförmigen Komponente unter hohem Druck und entsprechend unter hoher Geschwindigkeit in das Reinigungsgerät.

20

So kann die wenigstens eine gasförmige Komponente mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von über 50 m/s (Meter pro Sekunde), insbesondere von über 100 m/s, vorteilhaft von über 200 m/s eingeleitet werden. Die Durchschnittsgeschwindigkeit kann z. B. 200 bis 340 m/s betragen. Die Schallgeschwindigkeit wird  
25 bevorzugt nicht überschritten.

Es kann vorgesehen sein, dass die Druckbehälter jeweils nicht vollständig, d.h. bis zum Umgebungsdruck, entleert werden. So weist der Restdruck insbesondere einen Überdruck auf. Der Restdruck kann z. B. 5 bar oder mehr, insbesondere 10 bar oder

- 26 -

mehr, wie z.B. 10 bis 15 bar, sein. Dank des hohen Restdruckes erreicht man hohe Geschwindigkeiten bei der Einleitung.

Die Einleitung der wenigstens einen gasförmigen Komponente kann nach dem  
5 Prinzip des Differenzdruckes erfolgen. Das Differenzdruck-Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass der Restdruck im Druckbehälter nach Abschluss der Einleitung der gasförmigen Komponente im Überdruckbereich liegt.

Beim Überdruck handelt es sich um jenen Druckwert, welcher sich aus der Differenz  
10 zwischen dem im Druckbehälter herrschenden Druck und dem herrschenden Umgebungsdruck ergibt. Der Umgebungsdruck ist insbesondere der ausserhalb der Druckbehälter herrschende Druck. Der Umgebungsdruck ist beispielsweise der Atmosphärendruck. Dies bedeutet, dass der oder die Druckbehälter nicht bis zum Umgebungsdruck entleert werden.

15

Die Steuerung der einzuleitenden Menge an gasförmiger Komponente, welche z. B. im Fall von zwei oder mehr gasförmigen Komponenten im stöchiometrischen Verhältnis sein sollen, kann über die Erfassung des Druckes im Druckbehälter geschehen. So kann aus der einzuleitenden Menge von gasförmiger Komponente  
20 ausgehend von einem bekannten Maximal-Druck zu Beginn des Einleitvorganges der entsprechende Soll-Restdruck bzw. Differenzdruck ermittelt werden. Die Dosierarmatur(en) werden über die Steuerungseinrichtung solange geöffnet bis über den Drucksensor der Soll-Restdruck gemessen wird. Der Drucksensor ist entsprechend mit der Steuerungseinrichtung verbunden.

25

Die Steuerung der einzuleitenden Menge, welche z. B. im Fall von zwei oder mehr gasförmigen Komponenten im stöchiometrischen Verhältnis sein soll, kann insbesondere auch über die Öffnungszeit der Dosier-Armaturen, also zeitgesteuert, geschehen.

30

So lässt sich ausgehend von einem bekannten Maximaldruck zu Beginn des Einleitvorganges die Gasgeschwindigkeit durch die Dosier-Armatur rechnerisch oder empirisch ermitteln. Daraus lässt sich ein direkter Zusammenhang zwischen der Öffnungszeit und der eingeleiteten gasförmigen Komponente ableiten. Die vorgegebene Öffnungszeit der Dosier-Armaturen wird über die Steuerungseinrichtung gesteuert.

Auf der Zufuhrseite der wenigstens einen Dosierarmatur kann eine Speiseleitung, z. B. in Form eines Schlauches, an die Dosierarmatur anschliessen. Die Speiseleitung kann für die Zufuhr der gasförmigen Komponente aus dem Druckbehälter sein.

Die Speiseleitung kann Teil des Druckbehälters für die gasförmige Komponente sein oder diesen sogar ausbilden. Die gasförmige Komponente steht in diesem Fall in der Speiseleitung unter Druck. Der Druck kann den oben genannten Werte annehmen.

Es kann sowohl die Speiseleitung für den Sauerstoff als auch für das brennbare Gas als Teil des Druckbehälters oder als Druckbehälter für das Gas gemäss der oben beschriebenen Art ausgebildet sein.

Eine, mehrere oder sämtliche gasförmigen Komponenten können jeweils über eine oder mehrere Dosierarmaturen in das Reinigungsgerät eingeleitet werden. Wird eine gasförmige Komponente über mehrere Dosierarmaturen in das Reinigungsgerät eingeleitet, so können diese Dosierarmaturen an einen gemeinsamen oder an verschiedene Druckbehälter angeschlossen sein.

Die Anzahl der Dosierarmaturen pro gasförmige Komponente kann auch nach dem stöchiometrischen Verhältnis bestimmt sein, mit welchem die gasförmigen Komponenten in das Reinigungsgerät eingeleitet werden.

- 28 -

Ferner können auch die Durchströmquerschnitte der Dosierarmaturen in einem stöchiometrischen Verhältnis zueinander stehen.

5 Ferner können auch die Durchströmquerschnitte der Einleitkanäle in einem stöchiometrischen Verhältnis zueinander stehen.

Den Dosierarmaturen können in Strömungsrichtung Rückschlagorgane, wie Rückschlagventile, nachgeordnet sein. Diese schützen die Dosierarmaturen vor einem Rückschlag wie er beispielsweise bei der Zündung des explosionsfähigen  
10 Gemischs auftreten kann. Ferner verhindern die Rückschlagorgane auch den Austausch von gasförmigen Komponenten zwischen den Druckbehältern. Die Rückschlagorgane sind in Strömungsrichtung insbesondere vor der Speisedruckleitung angeordnet.

15 Anstelle von Rückschlagorganen kann an gleicher Stelle eine Einrichtung zur Einspeisung eines Inertgases, wie Stickstoff, angeordnet sein. Das eingeleitete Inertgas bildet eine Art Puffer aus und verhindert die Erhitzung der Dosierarmatur durch heisse Explosionsgase. Andererseits bildet das eingeleitete Inertgas eine Gasbarriere aus und verhindert den Austausch von gasförmigen Komponenten  
20 zwischen den Dosierarmaturen.

Die Reinigungsvorrichtung enthält ferner bevorzugt eine Zündeinrichtung. Das explosionsfähige Gemisch wird bevorzugt in der Speisedruckleitung oder in der Auslasseinrichtung mittels der Zündeinrichtung gezündet. Hierbei wird die  
25 eingeleitete Explosion vom Reinigungsgerät auf die Wolke aus dem explosionsfähigen Gemisch ausserhalb des Diffusors bzw. auf das explosionsfähige Gemisch im Aufnahmeraum der Auslasseinrichtung übertragen.

Die Zündung des explosionsfähigen Gemisches erfolgt mit aus dem Stand der  
30 Technik bekannten Mitteln. Vorzugsweise geschieht dies durch elektrisch ausgelöste

Funkenzündung, durch Hilfsflammen oder durch pyrotechnische Zündung mit Hilfe von entsprechend angebrachten Zündmitteln und Zündeinrichtung.

Die Zündeinrichtung ist insbesondere eine elektrische Zündeinrichtung. Diese  
5 zeichnet sich dadurch aus, dass diese zur Zündung einen Zündfunken oder insbesondere einen Lichtbogen ausbildet.

Die Reinigungsvorrichtung enthält insbesondere eine Steuerungseinrichtung. Die Steuerungseinrichtung dient unter anderem insbesondere der Steuerung der  
10 Zündeinrichtung. Die Steuerungseinrichtung dient ferner insbesondere der Steuerung der Dosierarmaturen zur Einleitung der gasförmigen Komponenten in das Reinigungsgerät. Die Steuerungseinrichtung dient daher der Erzeugung des explosionsfähigen Gemisches, insbesondere zur Bildung der Wolke. Die Steuerung der Dosierarmaturen sowie der Zündeinrichtung sind insbesondere steuerungs-  
15 technisch aufeinander abgestimmt.

Die Steuerungseinrichtung ist insbesondere dazu ausgelegt, die Dosierarmaturen innerhalb der genannten Zeiträume zu öffnen und zu schliessen.

20 Das Reinigungsgerät zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens kann insbesondere ein Längsbauteil, wie Reinigungslanze, sein. Eine solche Reinigungs-  
lanze ist beispielsweise in der EP 1 362 213 B1 beschrieben. Viele der darin genannten Merkmale und Ausführungsvarianten, bezüglich des Aufbaus der Zufuhr- und Kühlleitung oder der Versorgungseinrichtung, lassen sich daher auch auf die  
25 vorliegende Patentanmeldung übertragen.

Das Längsbauteil ist z. B. als rohrähnliche Einrichtung ausgebildet.

Das Reinigungsgerät, insbesondere das Längsbauteil, enthält insbesondere einen  
30 zufuhrseitigen und einen reinigungsseitigen Endabschnitt, wobei am reinigungs-

seitigen Endabschnitt die Auslassöffnung, angeordnet ist. Insbesondere ist am reinigungsseitigen Endabschnitt auch die Auslasseinrichtung angeordnet.

5 Beim zufuhrseitigen Endabschnitt handelt es sich um jenen Endabschnitt, an welchem die wenigstens eine gasförmige Komponente in das Reinigungsgerät eingeleitet wird. Da dieser Endabschnitt in der Regel auch dem Anwender zugewandt ist, trifft gegebenenfalls auch der Ausdruck anwenderseitiger Endabschnitt zu. Der zufuhrseitige Endabschnitt kann einen Griffteil ausbilden, über welchen das Reinigungsgerät durch den Anwender gehalten werden kann.

10

Beim reinigungsseitigen Endabschnitt handelt es sich um jenen Endabschnitt, welcher zur reinigenden Stelle hin gerichtet ist.

15 Der zufuhrseitige Endabschnitt umfasst z. B. eine Dosiereinrichtung, in welcher das explosionsfähige Gemisch bereit gestellt wird. An der Dosiereinrichtung sind die genannten Dosierarmaturen zum Einleiten der gasförmigen Komponenten bzw. des Gemisches angeordnet.

20 Der reinigungsseitige Endabschnitt umfasst die Auslassöffnung, und insbesondere die Auslasseinrichtung. Zwischen Dosiereinrichtung und Auslassöffnung bzw. Auslasseinrichtung ist die Speisedruckleitung angeordnet. Diese kann als Speisedruckleitung ausgebildet sein.

25 Das Längsbauteil bzw. die Reinigungslanze kann eine Länge von einem bis mehreren Metern, z. B. von 4 bis 10 m aufweisen.

Die Reinigungslanze enthält ferner wenigstens eine Speisedruckleitung zur Aufnahme des explosionsfähigen Gemischs. Die wenigstens eine Speisedruckleitung ist bevorzugt in die Struktur des Längsbauteils integriert. Das Längsbauteil kann  
30 hierzu rohrartig ausgebildet sein. Die eine oder mehrere Speisedruckleitungen

können auch als separate Leitungen ausserhalb oder innerhalb des Längsbauteils und z. B. entlang desselbigen geführt sein.

Die Dosierarmaturen für die Zufuhr des Sauerstoffs und des brennbaren Gases sind  
5 beispielsweise am Längsbauteil, insbesondere am Zufuhrseitigen Endabschnitt des Längsbauteils, angeordnet.

Die Dosierarmaturen sind insbesondere derart angeordnet, dass diese die gasförmigen Komponenten mittelbar oder unmittelbar in die Speisedruckleitung oder  
10 Speisedruckleitungen des Längsbauteils einleiten. Die gasförmigen Komponenten werden z. B. in einer Mischzone im Längsbauteil miteinander gemischt.

Sind für das explosionsfähige Gemisch bzw. für jeweils eine gasförmige Komponente mehrere Dosierarmaturen vorgesehen, so können diese z. B. in  
15 Längsrichtung des Längsbauteils nacheinander angeordnet sein. Mehrere Dosierarmaturen für jeweils eine gasförmige Komponente können quer zur Längsrichtung betrachtet entlang des Umfangs des dazugehörigen Einleitkanals angeordnet sein.

Das Längsbauteil enthält ein Gasführungsrohr, auch Aussenrohr genannt. Das  
20 Gasführungsrohr bildet zum Beispiel die Speisedruckleitung mit dem Speisedruckkanal aus. Im Zufuhrseitigen Endabschnitt kann ein Innenrohr im Gasführungsrohr angeordnet sein. Das Innenrohr bildet einen ersten Einleitkanal für eine erste gasförmige Komponente aus. Zwischen dem Gasführungsrohr und dem Innenrohr wird ein zweiter, ringförmiger Einleitkanal für eine zweite gasförmige Komponente  
25 ausgebildet. Die beiden Rohre und entsprechend die Einleitkanäle können konzentrisch zueinander angeordnet sein.

Das Innenrohr endet innerhalb des Gasführungsrohrs, so dass das Gasführungsrohr beim Innenrohr-Ende in eine Speisedruckleitung übergeht.

- 32 -

- Eine erste gasförmige Komponente, insbesondere ein brennbares Gas, wird über wenigstens eine erste Dosierarmatur in den ersten Einleitkanal eingeleitet. Eine zweite gasförmige Komponente, insbesondere ein sauerstoffhaltiges Gas, wird über wenigstens eine zweite Dosierarmatur in den zweiten Einleitkanal eingeleitet. Beim
- 5 Austritt der ersten gasförmigen Komponente aus dem Innenrohr in den anschliessenden Speisedruckkanal bildet sich im Anschluss an das Innenrohr-Ende eine Mischzone aus, in welcher sich die beiden gasförmigen Komponenten miteinander vermischen.
- 10 Die gasförmigen Komponenten werden in der Folge als explosionsfähiges Gemisch durch den an die beiden Einleitkanäle anschliessenden Speisedruckkanal der Speisedruckleitung zum reinigungsseitigen Endabschnitt geleitet. Der Speisedruckkanal bzw. die Speisedruckleitung wird vom äusseren Rohr gebildet.
- 15 Auf der Zufuhrseite der Dosierarmaturen ist eine Versorgungseinrichtung vorgesehen. Die Versorgungseinrichtung versorgt das Reinigungsgerät mit den entsprechenden gasförmigen Komponenten. Die Versorgungseinrichtung umfasst z. B. einen oder mehrere Druckbehälter, in welchen die gasförmigen Komponenten bzw. das explosionsfähige Gemisch unter Druck gespeichert ist.
- 20 So können die Dosierarmaturen an Speiseleitungen, z. B. in Form von Schläuchen, angeschlossen sein. Die Speiseleitungen können an Druckbehälter angeschlossen sein. Die Dosierarmaturen können auch direkt an entsprechende Druckbehälter angeschlossen sein.
- 25 Gemäss einer besonderen Ausführungsform ist im Bereich des Innenrohr-Endes eine Verengung des Querschnitts vorgesehen. Diese Verengung kann dergestalt sein, dass sich der Querschnitt des ersten, ringförmigen Einleitkanals zum Innenrohr-Ende hin verengt, z. B. konisch verengt. Der Querschnitt kann insbesondere konvergent sein.

30

- 33 -

Ferner kann die Verengung dergestalt sein, dass sich der Querschnitt des anschließenden Speisedruckkanals im Anschluss an das Innenrohr-Ende in Zufuhrrichtung vergrößert, z.B. konisch vergrößert. Der Querschnitt kann divergent sein.

- 5 Das Innenrohr-Ende kann im Bereich des sich in Zufuhrrichtung vergrößernden Querschnitts liegen. Die engste Stelle kann in Zufuhrrichtung betrachtet hinter dem Innenrohr-Ende angeordnet sein.

- 10 Die geometrische Ausgestaltung der Querschnittsveränderung kann insbesondere dergestalt sein, dass das Reinigungsgerät im Bereich des Innenrohr-Endes bei entsprechender Einleitung der gasförmigen Komponenten in die Einleitkanäle eine Lavaldüse ausbildet.

- 15 Die Strömungsrichtung der gasförmigen Komponenten in den Einleitkanälen ist im Anschluss an deren Einleitung in den Einleitkanal insbesondere in Längsrichtung des Längsbauteils. Die Strömungsrichtung des gasförmigen Gemisches in der Speisedruckleitung ist insbesondere in Längsrichtung des Längsbauteils.

- 20 Am Längsbauteil ist z. B. auch die Zündeinrichtung zur Zündung und somit zur Auslösung der Explosion vorgesehen.

- 25 Da für den Betrieb der vorliegenden Reinigungsvorrichtung kein Verbrauchsmaterial wie Behälterhüllen notwendig ist, kann diese und insbesondere das dazugehörige Reinigungsgerät auch als Festinstallation am Behälter bzw. an der Anlage, insbesondere an einer Wand ausgelegt sein. Die Auslasseinrichtung einer solchen Festinstallation ist dabei bevorzugt im Innenraum des Behälters bzw. der Anlage angeordnet. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Auslassöffnung der Auslasseinrichtung in der Wand des Behälters bzw. der Anlage angeordnet bzw. in diese integriert ist.

Eine als Festinstallation ausgelegte erfindungsgemässe Reinigungsvorrichtung weist den Vorteil auf, dass diese vom Betreiber einer Anlage selbst bedient werden kann und zur Reinigung kein Serviceteam aufgeboden werden muss. Dadurch lassen sich erhebliche Kosten einsparen. Ferner können dadurch auch häufigere Reinigungen  
5 durchgeführt werden, wodurch der Grad der Verschmutzung und somit der Aufwand für einen einzelnen Reinigungsprozess im Rahmen gehalten werden kann.

Nachfolgend wird der Erfindungsgegenstand anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen, welche in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt sind, näher erläutert.  
10 Es zeigen jeweils schematisch:

- Figur 1: ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Reinigungsvorrichtung mit einer Auslasseinrichtung;
- Figur 2: ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Reinigungsvorrichtung mit einer Auslasseinrichtung;  
15
- Figur 3: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;
- Figur 4: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;
- Figur 5: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;
- Figur 6: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;
- 20 Figur 7: eine schematische Darstellung eines Aspektes der Auslasseinrichtung nach Figur 5;
- Figur 8a: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;
- Figur 8b: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;
- Figur 9a: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;
- 25 Figur 9b: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;
- Figur 10: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;
- Figur 11: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;
- Figur 12: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;
- Figur 13: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Auslasseinrichtung;

- 35 -

Figur 14: schematische Darstellung einer Anspeisungslösung für eine erfindungsgemässe Auslasseinrichtung;

Figur 15: schematische Darstellung einer weiteren Anspeisungslösung für eine erfindungsgemässe Auslasseinrichtung;

5 Figur 16: schematische Darstellung einer weiteren Anspeisungslösung für eine erfindungsgemässe Auslasseinrichtung.

Figur 17a: eine Querschnittsansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Auslasseinrichtung;

Figur 17b: eine Frontansicht der Auslasseinrichtung nach Figur 17a;

10 Figur 18: eine besondere Ausführung der Mischzone eines Reinigungsgeräts;

Figur 19a: eine weitere Ausführungsform einer Reinigungsvorrichtung;

Figur 19b: eine Querschnittsansicht entlang der Schnittlinie A-A gemäss Figur 19a.

Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.  
15

Für das Verständnis der Erfindung sind gewisse Merkmale in den Figuren nicht dargestellt. Die beschriebenen Ausführungsbeispiele stehen beispielhaft für den Erfindungsgegenstand und haben keine beschränkende Wirkung.

20

In Figur 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Reinigungsvorrichtung 1 zur Durchführung des erfindungsgemässen Reinigungsverfahrens gezeigt. Die Reinigungsvorrichtung 1 umfasst eine kühlbare Reinigungslanze 2. Die Reinigungslanze 2 beinhaltet ein äusseres Ummantelungsrohr 8, und ein innerhalb  
25 des äusseren Ummantelungsrohres 8 angeordnetes inneres Gasführungsrohr 7, welches unter anderem die Speisedruckleitung ausbildet. Das äussere Ummantelungsrohr 8 ummantelt das innere Gasführungsrohr 7 und bildet dadurch einen ringförmigen Kühlkanal aus. Das innere Gasführungsrohr 7 bildet unter anderem einen geschlossenen Speisedruckkanal aus.

30

- 36 -

Die Reinigungslanze 2 weist an einem zufuhrseitigen Endabschnitt 4a eine Dosiereinrichtung mit Anschlüssen für die Zufuhr von gasförmigen Komponenten zur Ausbildung eines explosionsfähigen Gasgemisches auf.

- 5 An das innere Gasführungsrohr 7 schliesst am reinigungsseitigen Endabschnitt 4b eine Auslasseinrichtung in Form eines trichterförmig geformten Diffusors 5 an.

Die Reinigungslanze 2 wird über eine Befüllungsvorrichtung 3 mit den gasförmigen Komponenten zur Herstellung des explosionsfähigen Gemisches versorgt. Ferner  
10 wird die Reinigungslanze 2 über eine Steuerungseinrichtung 17 gesteuert. Die Steuerungseinrichtung 17 dient insbesondere zur Steuerung der Zufuhr der gasförmigen Komponenten in die Speisedruckleitung sowie der Zündung des explosionsfähigen Gemisches.

- 15 Die Kühlung kann eine Dauerkühlung sein oder manuell gesteuert sein. Eine Steuerung der Kühlung über die Steuerungseinrichtung 17 ist jedoch auch möglich.

Die Zufuhr der gasförmigen Komponenten zur Erzeugung des explosionsfähigen Gemisches erfolgt über zwei Gasspeiseleitungen 10, 11, welche direkt oder indirekt  
20 mit dem inneren Gasführungsrohr 7 verbunden sind.

Eine erste Gasspeiseleitungen 10 ist über ein erstes Ventil 23 mit einem Druckbehälter 22 verbunden, wobei dieser wiederum über ein zweites Ventil 15 an einer handelsüblichen ersten Gasflasche 20, z.B. Sauerstoffflasche, angeschlossen ist.  
25 Zwischen dem ersten Ventil 23 und der Einmündung der Gasspeiseleitung 10 in das innere Gasführungsrohr 7 ist ein Rückschlagventil 39 angeordnet.

Eine zweite Gasspeiseleitung 11 ist ebenfalls über ein erstes Ventil 25 mit einem zweiten Druckbehälter 24 verbunden. Dieser ist wiederum über ein zweites Ventil 16  
30 an einer handelsüblichen zweiten Gasflasche 21 angeschlossen. Die zweite Gas-

flasche 21 beinhaltet entsprechend ein brennbares Gas, wie beispielsweise Acetylen, Ethylen oder Aethan. Zwischen dem ersten Ventil 25 und der Einmündung der Gaspeiseleitungen 11 in das innere Gasführungsrohr 7 ist ebenfalls ein Rückschlagventil 39 angeordnet.

5

Anstelle über Gasflaschen 20, 21 können die Druckbehälter 22, 24 auch anderweitig mit den entsprechenden gasförmigen Komponenten zur Herstellung des explosionsfähigen Gemischs gespiesen werden.

- 10 Nach Öffnen der zweiten Ventile 15, 16 werden die Druckbehälter 22, 24 mit den entsprechenden Gasen befüllt. Die Druckbehältervolumina können beispielsweise Werte in einem stöchiometrischen Verhältnis von 3.7 Liter für Aethan und 12.5 Liter für Sauerstoff oder einem Vielfachen davon aufweisen. Zur Herstellung einer Wolke 6 mit einem Volumen von rund 110 Liter wird z. B. ein Fülldruck von 20 bar und zur
- 15 Herstellung einer Wolke 6 mit einem Volumen von rund 220 Liter ein Fülldruck von 40 bar angewendet. Anstelle unterschiedlicher Fülldrücke kann natürlich auch ein einheitlicher, höherer Fülldruck angewendet werden, wobei zur Befüllung eines kleineren Behälters die Druckbehälter nur die benötigte Gasmenge liefern und daher nicht vollständig entleert werden. In anderen Worten, die Bereitstellung der
- 20 gasförmigen Komponenten im stöchiometrischen Verhältnis erfolgt hier nach dem Prinzip des Differenzdruckes.

- Es können ferner Mittel vorgesehen sein, über welche sich der Druck in den Druckbehältern 22, 24 unabhängig vom Druck in den Gasflaschen 20, 21 bzw. des den
- 25 Druckbehältern 22, 24 anderweitig zugeführten Gases einstellen lässt. Dadurch können im Druckbehälter 22, 24 beispielsweise höhere Drücke erzeugt werden, als sie in den Gasflaschen 20, 21 vorherrschen.

- Diese Mittel können zum Beispiel einen Kompressor umfassen. Ferner kann der
- 30 Druck im Druckbehälter auch pneumatisch über ein weiteres Gas, wie z. B.

- 38 -

Stickstoff, oder hydraulisch erzeugt werden, wobei die gasförmige Komponente über einen bewegten Kolben im Druckbehälter auf den gewünschten Druck gebracht wird.

Entsprechend können unabhängig vom herrschenden Druck in den Gasflaschen 20, 5 21 höhere Auslassdrücke erzeugt werden. Dies wiederum ermöglicht ein schnelleres Einspeisen der gasförmigen Komponenten in das innere Gasführungsrohr 7 und somit eine schnellere Bildung der Wolke 6 aus dem explosionsfähigen Gemisch.

Die Druckbehälter 22, 24 dienen also der Dosierung der gasförmigen Komponenten. 10 Die Dosierung geschieht dabei jeweils vor dem Einleiten der gasförmigen Komponenten in das innere Gasführungsrohr 7.

Mit oder nach Erzeugung der Wolke 6 aus dem explosionsfähigen Gemisch wird das explosionsfähige Gemisch mittels einer Zündeinrichtung 18 gezündet. Die Zünd- 15 einrichtung 18 ist an der Reinigungslanze 2 angebracht und bewirkt die Zündung des explosionsfähigen Gemischs im Speisedruckkanal. Die Einleitung eines Reinigungszyklus' mit den Schritten, umfassend die Erzeugung eines explosionsfähigen Gemischs und Zündung des Gemischs kann über die Steuerungseinrichtung 17 mittels eines Schalters 19 ausgelöst werden.

20 Der durch das äussere Ummantelungsrohr 8 um das innere Gasführungsrohr 7 ausgebildete ringförmige Kanal dient wie bereits erwähnt als Kühlkanal. Durch diesen wird ein viskoses Kühlmittel zirkuliert, welche das innere Gasführungsrohr 7 kühlen soll.

25 Die Reinigungslanze 2 weist an ihrem zufuhrseitigen Endabschnitt 4a oder in dessen Nähe entsprechend jeweils Anschlüsse für die Speiseleitungen 12, 13 der Kühlmittelzufuhr auf. Durch eine erste Speiseleitung 12 wird beispielsweise Wasser und durch eine zweite Speiseleitung 13 wird beispielsweise Luft zugeführt. Es kann auch nur 30 eine Kühlmittelzufuhrleitung zur Zufuhr nur eines Kühlmittels, z. B. Wasser, vorge-

- 39 -

sehen sein. Das Kühlmittel, z.B. ein Wasser/Luftgemisch, wird zwischen äusseren Ummantelungsrohr 8 und dem inneren Gasführungsrohr 7 geführt. Das Kühlmittel dient zum Schutz der Reinigungslanze 2 vor zu grosser Erhitzung. Das Kühlmittel tritt am reinigungsseitigen Endabschnitt 4b wieder aus, was durch Pfeile 9 angezeigt ist.

Das durch die Reinigungslanze 2 geführte und reinigungsseitig austretende Kühlmittel kühlt auch den Diffusor 5. Es ist jedoch nicht ein zwingendes Merkmal dieses Ausführungsbeispiel, dass das Kühlmittel reinigungsseitig austritt und den Diffusor kühlt.

Die Kühlmittelzufuhr in den Kühlmittelkanal der Reinigungslanze wird über entsprechende Ventile 14 gesteuert. Das Betätigen derselbigen erlaubt ein Zu- und Abschalten der Kühlung. Die Ventile können von Hand betätigt werden oder über eine Steuerungseinrichtung gesteuert werden. Eine Dauerkühlung ist ebenfalls möglich.

Eine auf diese Weise gestaltete Lanzenkühlung wird vorzugsweise vor dem Einführen der Reinigungslanzen 2 in den heissen Innerraum einer zu reinigenden Verbrennungsanlage 30 aktiviert. Sie bleibt typischerweise während der gesamten Zeit, in der die Reinigungslanzen 2 der Hitze ausgesetzt sind, eingeschaltet. Eine solche aktive Lanzenkühlung kann durch die Steuerungseinrichtung 17 erfolgen, indem die Ventile 14 der Reinigungslanze 2 über die Steuerungseinrichtung 17 betätigt werden.

Es ist selbstverständlich auch möglich, ein Kühlmittel durch einen Kühlanschluss am zufuhrseitigen Endabschnitt der Lanze einzuführen und es zum selben Endabschnitt wieder zurückfliessen zu lassen. Dies wäre beispielsweise bei einseitig geschlossenem äusseren Ummantelungsrohr möglich.

Die oben beschriebene aktive Kühlung ist jedoch fakultativ und kein zwingendes Merkmal vorliegender Erfindung. Das äusseren Ummantelungsrohr 8 und der ringförmige Kanal können z. B. auch lediglich zur passiven Kühlung ausgebildet sein und isolierend wirken und auf diese Weise die Reinigungslanze 2 und das darin befindliche explosionsfähige Gasgemisch bzw. dessen gasförmige Komponenten vor Erhitzung schützen.

Zur Ausführung des erfindungsgemässen Reinigungsverfahrens wird der reinigungsseitige Endabschnitt 4b der Reinigungslanze 2 durch eine Durchlassöffnung 33 in Einführrichtung E in den Innenraum 31 einer Verbrennungsanlage 30 eingeführt und z. B. vor einem Bündel von Rohren 32 platziert. Danach oder gleichzeitig werden als erstes die ersten Ventile 23, 25 kurzzeitig, z.B. für weniger als eine Sekunde, geöffnet. Die Gasinhalte der Druckbehälter 22, 24 strömen während dieser Zeit über die Gasspeiseleitungen 10, 11 in das innere Gasführungsrohr 7 der Reinigungslanzen 2.

Im inneren Gasführungsrohr 7 werden die gasförmigen Komponenten miteinander zum explosionsfähigen Gasgemisch vermischt und durch die Speisedruckleitung in Richtung Diffusor 5 geleitet. Die Speisedruckleitung und der Diffusor 5 bilden einen Aufnahmeraum 27 für wenigstens einen Teil des eingeleiteten explosionsfähigen Gemisches aus. Ein anderer Teil des gasförmigen Gemisches strömt beispielsweise über den Diffusor 5 nach aussen und bildet eine Wolke aus.

Grundsätzlich kann auch nur der Aufnahmeraum 27 mit dem explosionsfähigen Gemisch gefüllt werden. In diesem Fall wird beispielsweise keine Wolke ausserhalb des Diffusors 5 ausgebildet.

Die Ausbildung der Wolke 6 aus dem explosionsfähigen Gemisch dauert beispielsweise 0.015 bis 0.03 Sekunden.

- 41 -

Nach dem Schliessen der ersten Ventile 23, 25 wird das explosionsfähige Gemisch unmittelbar oder nach einer gewählten Zeitverzögerung mittels der Zündeinrichtung gezündet und die Wolke 6 zur Explosion gebracht.

- 5 Das in Figur 2 dargestellte Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Reinigungsvorrichtungen 51 beinhaltet eine kühlbare Reinigungslanze 52, welche in Einführrichtung E durch die Durchlassöffnung 76 einer Verbrennungsanlage 70 in deren Innenraum 71 geführt ist.
- 10 Die Reinigungslanze 52 enthält jeweils ein sich von einem zufuhrseitigen Endabschnitt 65 zu einem reinigungsseitigen Endabschnitt 66 erstreckendes Gasführungsrohr 67, durch welches das explosionsfähige Gemisch oder dessen gasförmige Komponenten in Richtung Auslassöffnung 69 geleitet wird. Das Gasführungsrohr 67 bildet unter anderem einen geschlossenen Speisedruckkanal 78
- 15 einer Speisedruckleitung aus.

- Am zufuhrseitigen Endabschnitt 65 ist eine Dosiereinrichtung vorgesehen. In das Gasführungsrohr 54 mündet ein zum Gasführungsrohr 67 konzentrisch angeordnetes Innenrohr 53, auch Einlassstutzen genannt. Das Innenrohr 54 bildet einen ersten
- 20 Einleitkanal aus und endet innerhalb des Gasführungsrohres 67. Das Gasführungsrohr 67 geht an dieser Stelle in eine Speisedruckleitung mit Speisedruckkanal über.

- Über das Innenrohr 53 wird eine erste gasförmige Komponente des explosionsfähigen Gemisches in das Gasführungsrohr 67 eingeleitet. Das Innenrohr 53 ist
- 25 hierzu über einen Anschluss mit einer ersten Gasspeiseleitung 57 verbunden.

Zwischen Innenrohr 53 und Gasführungsrohr 67, welches auch Aussenrohr bezeichnet wird, wird ein ringförmiger, zweiter Einleitkanal ausgebildet, in welchen über einen weiteren Anschluss eine zweite Gasspeiseleitung 56 zur Zufuhr einer zweiten

gasförmigen Komponente des explosionsfähigen Gemisches in das Gasführungsrohr 67 mündet.

Unmittelbar beim Anschluss der Gasspeiseleitungen 56, 57 an die Reinigungslanze 52, sind Ventile 72, 73 angeordnet, über welche die Speisung der gasförmigen Komponenten in das Gasführungsrohr 67 gesteuert werden kann. Zwischen den Ventilen 72, 73 und der Einmündung der Gasspeiseleitungen 56, 57 in das Gasführungsrohr 67 ist jeweils ein Rückschlagventil 79 angeordnet.

Die erste gasförmige Komponente vermischt sich in einer Mischzone unmittelbar beim Innenrohr-Ende im Gasführungsrohr 67 mit der zweiten gasförmigen Komponente zu einem explosionsfähigen Gemisch. Die erste gasförmige Komponente kann z. B. ein gasförmiger oder flüssiger Brennstoff, insbesondere eine Kohlenwasserstoffverbindung, sein. Die zweite gasförmige Komponente kann Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gas sein.

An der Reinigungslanze 52 ist im Weiteren eine Zündeinrichtung 60 mit einer Zündkerze 61 angebracht, welche in das Gasführungsrohr 67 mündet und dazu ausgelegt ist, das explosionsfähige Gemisch im Gasführungsrohr 67 elektrisch zu zünden.

20

Das Gasführungsrohr 67 wird von einem Ummantelungsrohr 55 ummantelt. Zwischen Ummantelungsrohr 55 und Gasführungsrohr 67 wird ein ringförmiger Kühlkanal 68 ausgebildet, in welchem ein Kühlmittel zur Kühlung des Gasführungsrohres 67 eingeleitet wird. Am zufuhrseitigen Endabschnitt 65 der Reinigungslanze 52 ist hierzu ein erster und zweiter Anschluss vorgesehen, an welche zur Zufuhr eines ersten und zweiten Kühlmittels eine erste und zweite Kühlmittel-Speiseleitung 58, 59 angeschlossen sind. Das erste Kühlmittel kann eine Kühlflüssigkeit, wie Wasser, und das zweite Kühlmittel ein Gas, wie z. B. Luft, sein.

Beim Anschluss der Kühlmittel-Speiseleitungen 58, 59 an die Reinigungslanze 52, sind Ventile 74, 75 angeordnete, über welche die Kühlmittelzufuhr in den Kühlmittelkanal 68 gesteuert werden kann. Die Ventile 74, 75 können von Hand betätigt werden oder über eine Steuerungseinrichtung gesteuert werden. Eine Dauerkühlung ist ebenfalls möglich.

Es kann auch nur eine Kühlmittelzufuhrleitung zur Zufuhr nur eines Kühlmittels, z. B. Wasser, vorgesehen sein. Das Kühlmittel, z.B. ein Wasser/Luftgemisch, wird also zwischen dem Ummantelungsrohr 55 und dem Gasführungsrohr 67 geführt. Das Kühlmittel dient zum Schutz der Reinigungslanze 52 vor zu grosser Erhitzung.

Das Kühlmittel 64 kann am reinigungsseitigen Endabschnitt 66 über eine axiale Austrittsöffnung aus dem Kühlkanal 68 austreten. Das durch die Reinigungslanze 52 geführte Kühlmittel kann auf diese Weise auch den nachfolgend beschriebenen Diffusor 62 kühlen.

Eine auf diese Weise gestaltete Lanzenkühlung wird vorzugsweise vor dem Einführen der Reinigungslanzen 52 in ein heisses, zu reinigenden Behälters aktiviert. Sie bleibt typischerweise während der gesamten Zeit, in der die Reinigungslanze 52 der Hitze ausgesetzt sind, eingeschaltet.

Die oben beschriebene aktive Kühlung ist jedoch fakultativ und kein zwingendes Merkmal vorliegender Erfindung.

An dem, dem Zufuhrseitigen Endabschnitt 65 gegenüber liegenden reinigungsseitigen Endabschnitt 66 schliesst an das Gasführungsrohr 67 eine Auslasseinrichtung in Form eines trichterförmigen Diffusors 62 an, an dessen Ende sich die Auslassöffnung 69 für das explosionsfähige Gemisch befindet. Der Diffusor 62 bildet einen Öffnungswinkel  $\alpha$  aus. Ferner bildet der Diffusor 62 ein Verhältnis Diffusorlänge

- 44 -

zum grössten Durchmesser der Auslassöffnung 69 L:D aus. Die Länge L des Diffusors 62 wird entlang seiner Längsachse A gemessen (siehe auch Figur 1).

- Das durch das Gasführungsrohr 67 mit hoher Geschwindigkeit strömende, explosionsfähige Gemisch wird vor Austritt in den Innenraum 71 im Diffusor 62 beruhigt, so dass es bei der Ausbildung der Wolke 77 im Anschluss an die Auslassöffnung 69 möglichst wenige Verwirbelungen im Grenzbereich zwischen dem explosionsfähigen Gemisch und der Umgebungsatmosphäre gibt.
- 10 So kann beispielsweise dank der Auslasseinrichtung gemäss Figur 1 und 2 die Zufuhrgeschwindigkeit im Speisedruckkanal von rund 300 m/s (Schallgeschwindigkeit) auf 4 m/s an der Auslassöffnung reduziert werden, wodurch eine Wolkenbildung erst möglich wird.
- 15 Der Speisedruckkanal und der Diffusor 62 bildet auch einen Aufnahmeraum 80 für wenigstens einen Teil des eingeleiteten explosionsfähigen Gemisches aus. Ein anderer Teil des gasförmigen Gemisches kann wie erwähnt über den Diffusor 62 nach aussen strömen und eine Wolke ausbilden.
- 20 Grundsätzlich kann auch hier nur der Aufnahmeraum 80 mit dem explosionsfähigen Gemisch gefüllt werden. In diesem Fall wird beispielsweise keine Wolke ausserhalb des Diffusors ausgebildet.

- Das Reinigungsgerät gemäss dem Ausführungsbeispiel nach Figur 3 enthält eine Auslasseinrichtung in Form eines Diffusors 93 mit einer Auslassöffnung 95. In dessen Zentrum ist ein Verwirbelungselement 94 angeordnet. Das Verwirbelungselement 94 dient der zusätzlichen Verlangsamung der Strömung und der Durchmischung des aus der Speisedruckleitung 92 in den Diffusor 93 eintretenden, explosionsfähigen Gemisches. Das Verwirbelungselement 94 ist in der Speisedruck-

leitung 92 fixiert. Das Verwirbelungselement 94 umfasst ein plättchenförmiges Bauteil, welches quer zur Ausströmrichtung R angeordnet ist (siehe auch Figur 1).

Der Diffusor 93 bildet auch einen Aufnahmeraum 99 für einen Teil des eingeleiteten explosionsfähigen Gemisches aus. Ein anderer Teil des gasförmigen Gemisches strömt über den Diffusor 93 nach aussen und bildet die Wolke 96 aus.

Die Auslassvorrichtung nach Figur 3 und der Betrieb derselben kann alternativ so so ausgelegt sein, dass lediglich der Aufnahmeraum 99 des Diffusors 93 mit einem explosionsfähigen Gemisch gefüllt und zur Explosion gebracht wird. Die Explosionsdruckwellen 97 breiten sich ausgehend von der Auslassöffnung 95 aus. In diesem Fall wird keine Wolke ausserhalb des Diffusors 93 erzeugt. Die Explosionsdruckwellen 97 und die Wolke 96 in der Figur 3 stellen entsprechend alternative Darstellungen dar.

Die Reinigungsvorrichtung 81 gemäss dem Ausführungsbeispiel nach Figur 4 enthält ein Reinigungsgerät mit einer Auslasseinrichtung 83, welche in Form eines abgestumpften Ikosaeders ausgebildet ist. Diese enthält eine Mehrzahl von Auslasskörpern in Form von Diffusoren 84, welche trichterförmige Erweiterungen darstellen. Die Diffusoren sind von einem Zentrum radial nach aussen ausgerichtet. Die Auslassöffnungen 85 sind radial nach aussen gerichtet angeordnet. Die Speisedruckleitung 82 mit dem Speisedruckkanal 88 für das explosionsfähige Gemisch verläuft zum Zentrum der Ikosaeder-förmigen Auslasseinrichtung 83 hin, von wo aus das explosionsfähige Gemisch in die trichterförmigen Erweiterungen 84 geleitet wird.

Die Auslasseinrichtung 103 des Reinigungsgeräts 101 gemäss dem Ausführungsbeispiel nach Figur 5 ist kugelförmig ausgebildet. Sie enthält eine Mehrzahl von Auslasskörpern in Form von Diffusoren 104, welche als trichterförmige Erweite-

- 46 -

rungen ausgestaltet sind. Die Diffusoren sind von einem Zentrum radial nach ausgerichtet. Die Auslassöffnungen 105 sind radial nach aussen gerichtet angeordnet.

Die Speisedruckleitung 102 mit dem Speisedruckkanal 108 für das explosionsfähige  
5 Gemisch verläuft zum Zentrum der kugelförmigen Auslasseinrichtung 103 hin und mündet in einem zentralen kugelförmigen Verteilerraum 111, von wo aus das explosionsfähige Gemisch über Durchlässe im Umfangsbereich des kugelförmigen Verteilerraumes 111 in die trichterförmigen Erweiterungen 104 radial nach aussen geleitet wird. Im kugelförmigen Verteilerraum 111 können Strömungsleitelemente  
10 angeordnet sein (nicht gezeigt).

Der Durchmesser des Speisedruckkanals 108 kann z. B. 15 bis 30 mm oder mehr, insbesondere 20 bis 25 mm, wie 21 mm, betragen.

15 Die Auslasseinrichtung 123 des Reinigungsgeräts 121 gemäss dem Ausführungsbeispiel nach Figur 6 ist ähnlich aufgebaut wie die Auslasseinrichtung 103 gemäss dem Ausführungsbeispiel nach Figur 5. Die vorliegende Auslasseinrichtung 123 ist jedoch lediglich halbkugelförmig ausgebildet. Sie enthält ebenfalls eine Mehrzahl von Auslasskörpern in Form von Diffusoren 124 die als trichterförmigen  
20 Erweiterungen ausgestaltet sind. Die Diffusoren sind von einem Zentrum radial nach aussen gerichtet. Die Auslassöffnungen 125 sind radial aussen angeordnet.

Da die halbkugelförmige Auslasseinrichtung insbesondere an der Wand angeordnet ist, kann im Grenzbereich zur Wand hin keine Entmischung der Wolke stattfinden.  
25 Soll die halbkugelförmige Auslasseinrichtung im Abstand zur Wand zum Einsatz kommen, so kann die halbkugelförmige Auslasseinrichtung zur Erzielung desselben Effektes einen umlaufenden Kragen aufweisen.

Die Speisedruckleitung 122 mit dem Speisedruckkanal 128 für das explosionsfähige  
30 Gemisch mündet auf der flachen Seite der halbkugelförmigen Auslasseinrichtung

- 47 -

123 in zentraler Position in die Auslasseinrichtung 123, von wo aus das explosionsfähige Gemisch in die trichterförmigen Erweiterungen 124 geleitet wird. Die Auslasseinrichtung 123 ist in Kombination mit der Speisedruckleitung 122 pilzförmig ausgestaltet. Die flache Seite der Auslasseinrichtung 123 ist zur Wand  
5 130 des Behälters bzw. der Anlage hin gerichtet. Die Auslasseinrichtung 123 kann in der Wand 130 versenkbar sein.

Die Auslassleinrichtungen gemäss den Figuren 4, 5 und 6 erlauben einen räumlichen Auslass des explosionsfähigen Gemischs in alle Richtungen. Dies fördert die Bildung  
10 einer Wolke im Innenraum des Behälters bzw. der Anlage, weil das explosionsfähige Gemisch gleichmässig im Raum verteilt wird.

Die Auslassgeschwindigkeit des explosionsfähigen Gemisches an den Auslassöffnungen der Diffusoren kann gegenüber dem einzelnen Diffusor nach Figur 1 und  
15 2 sogar höher sein. Somit können die Diffusoren bezogen auf das Verhältnis Länge zu Öffnungsdurchmesser kürzer ausgebildet werden als jene gemäss Figur 1 und 2. Ferner kann deren Öffnungswinkel ebenfalls kleiner ausgestaltet werden.

Dies deshalb, weil mit Ausnahme der randseitigen Diffusoren die einzelnen  
20 Diffusoren von benachbarten Diffusoren umgeben sind, aus welchen jeweils ebenfalls das explosionsfähige Gemisch ausgelassen wird. Dadurch ist ein seitliches Einmischen der Umgebungsatmosphäre gar nicht mehr möglich.

Da das explosionsfähige Gemisch zudem durch sämtliche Diffusoren bevorzugt mit  
25 gleicher oder ähnlicher Geschwindigkeit ausgelassen wird, ist auch keine Verwirbelung zwischen den einzelnen austretenden Gasströmen zu erwarten. Das flächenhaft ausströmende explosive Gemisch verdrängt vielmehr die Umgebungsatmosphäre in Ausströmrichtung. Dies trifft übrigens auch auf die Ausführungsbeispiele nach Figur 10 bis 13 zu.

Die Figur 7 zeigt eine schematische Skizze der Anordnung der Diffusoren 104 gemäss den Ausführungsbeispielen nach Figur 5. Der Durchmesser D der Auslassöffnung kann z. B. 5 bis 20 mm, insbesondere 10 bis 15 mm, wie 13 mm, betragen. Der Durchmesser d des Diffusors an seiner engsten Stelle am Beginn der trichterförmigen Erweiterung kann z. B. 1 bis 5 mm, insbesondere 1 bis 2 mm, wie 1.5 mm, betragen. Die Länge L des Diffusors 104 bis zur Einmündung im zentralen Raum der Auslasseinrichtung 123 beträgt z. B. 30 bis 50 mm, insbesondere 35 bis 45 mm, wie 39 mm. Das Verhältnis  $D^2 : d^2$  kann z. B. 75 oder weniger betragen. Die angegebenen Abmessungen und Verhältnisse treffen vorzugsweise auch auf das Ausführungsbeispiel nach Figur 6 zu.

Die Figur 8a zeigt die Auslasseinrichtung 143 eines Reinigungsgeräts 141, in welche das explosionsfähige Gemisch über den Speisedruckkanal 148 einer Speisedruckleitung 142 einströmt. Die Auslasseinrichtung 143 bildet einen Aufnahmeraum 147 für wenigstens einen Teil des eingeleiteten explosionsfähigen Gemisches aus. Im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel nach Figur 1 bis 3 weist die Auslasseinrichtung 143 seitlich angeordnete Auslassöffnungen 145 auf. Hierzu mündet ein trichterförmiger Grundkörper 144 mit seinem erweiterten Querschnitt in einen quer zu diesem angeordneten Auslasskörper, welcher zu den beiden Auslassöffnungen 145 hin jeweils ebenfalls trichterförmig erweitert ist. Entsprechend wird das durch den Grundkörper 144 axial einströmende explosionsfähige Gemisch zu den seitlichen Auslassöffnungen 145 hin um rund 90° (Winkelgrade) umgelenkt (siehe Pfeile). Der Grundkörper bzw. die Auslasskörper sind folglich als Diffusoren ausgebildet. Das explosionsfähige Gemisch bildet ausserhalb der Diffusoren eine Wolke 146 aus.

Die in Figur 8b gezeigte Auslasseinrichtung 163 eines weiteren Reinigungsgeräts 161 enthält ebenfalls einen trichterförmigen Grundkörper 164, in welchen über den Speisedruckkanal 168 einer Speisedruckleitung 162 das explosionsfähige Gemisch einströmt. Die Auslasseinrichtung 163 bildet auch hier einen Aufnahmeraum 167 für wenigstens einen Teil des eingeleiteten explosionsfähigen Gemisches aus. Die

Auslasseinrichtung 163 weist ferner ebenfalls seitlich angeordnete Auslassöffnungen 165 auf. Hierzu mündet der trichterförmige Grundkörper 164 mit seinem erweiterten Querschnitt in einen quer zu diesem angeordneten Auslasskörper, welcher zu den beiden Auslassöffnungen 165 hin jeweils ebenfalls trichterförmig erweitert ist. Der  
5 Grundkörper 164 enthält eine Strömungsleitwand 170, welche den in Richtung Auslasskörper geleitete Strom von explosionsfähigem Gemisch zu den beiden Auslassöffnungen 165 hin teilt. Der Strom wird zu den seitlichen Auslassöffnungen 165 hin ebenfalls um rund  $90^\circ$  umgelenkt (siehe Pfeile). Auch hier sind der Grundkörper bzw. die Auslasskörper als Diffusoren ausgebildet. Das explosions-  
10 fähige Gemisch bildet ausserhalb der Diffusoren eine Wolke 166 aus.

Die Auslasseinrichtungen nach Figur 8a und 8b weisen insbesondere den Vorteil auf, dass dank dem seitlichen Austritt des explosionsfähigen Gemischs geringere oder keine Rückstosskräfte auftreten.

15

Die Figur 9a zeigt ein Reinigungsgerät 341 mit einer Auslasseinrichtung 343 von ähnlicher Bauart wie die Auslasseinrichtung nach Figur 8a. Das explosionsfähige Gemisch strömt über den Speisedruckkanal 348 einer Speisedruckleitung in die Auslasseinrichtung 343 ein. Die Auslasseinrichtung 343 bildet einen Aufnahmeraum  
20 347 für das eingeleitete explosionsfähige Gemisch aus. Die Auslasseinrichtung 443 weist seitlich angeordnete Auslassöffnungen 345 auf. Hierzu mündet ein Grundkörper 344 mit einem gegenüber der Speisedruckleitung erweiterten Querschnitt in einen quer zu diesem angeordneten Auslasskörper 349. Der der Auslasskörper 349 weist zu den einander gegenüberliegenden Auslassöffnungen 345  
25 hin jeweils eine trichterförmige Erweiterung auf.

Das explosionsfähige Gemisch wird im Aufnahmeraum 347 zur Zündung gebracht. Die Explosionsdruckwellen 346 wird zu den seitlichen Auslassöffnungen 345 hin um rund  $90^\circ$  (Winkelgrade) umgelenkt und breiten sich ausgehend von den Auslass-  
30 öffnungen 345 seitlich aus.

Die Figur 9b zeigt ein Reinigungsgerät 441 mit einer Auslasseinrichtung 443 von ähnlicher Bauart wie die Auslasseinrichtung nach Figur 8b. Die Auslasseinrichtung 443 enthält einen Grundkörper 444, in welchen über den Speisedruckkanal 448 einer  
5 Speisedruckleitung das explosionsfähige Gemisch einströmt. Die Auslasseinrichtung 443 bildet auch hier einen Aufnahmeraum 447 für wenigstens einen Teil des eingeleiteten explosionsfähigen Gemisches aus. Die Auslasseinrichtung 443 weist ferner ebenfalls seitlich angeordnete Auslassöffnungen 445 auf. Hierzu mündet der Grundkörper 444 mit seinem gegenüber der Speisedruckleitung erweiterten  
10 Querschnitt in einen quer zu diesem angeordneten Auslasskörper 449, welcher zu den beiden Auslassöffnungen 445 hin jeweils ebenfalls trichterförmig erweitert ist.

Das explosionsfähige Gemisch wird im Aufnahmeraum 447 zur Zündung gebracht. Die Explosionsdruckwellen 446 werden zu den seitlichen Auslassöffnungen 445 hin  
15 um rund 90° (Winkelgrade) umgelenkt und breiten sich ausgehend von den Auslassöffnungen 445 seitlich aus.

Die Auslasseinrichtungen nach Figur 9a und 9b weisen insbesondere den Vorteil auf, dass dank dem seitlichen Austritt der Explosionsdruckwellen geringere oder keine  
20 Rückstosskräfte auftreten.

Die durch eine Öffnung in der Wand 190 eines Behälters oder Anlage eingeführte Auslasseinrichtung 183 gemäss Figur 10 wird aus dem Endabschnitt der Speisedruckleitung 182 ausgebildet, an dessen Aussenumfang eine Mehrzahl von  
25 Auslasskörpern in Form von trichterförmigen Diffusoren 184 mit Auslassöffnungen 185 in verschiedene Raumrichtungen radial wegführen. Die Speisedruckleitung 182 enthält entsprechende Durchlässe, welche in die Diffusoren 184 münden. Die Diffusoren 184 sind sowohl kreisförmig um die Speisedruckleitung 182 als auch in Längsrichtung der Speisedruckleitung hintereinander angeordnet. Sie bilden eine  
30 zylinderförmige Auslasseinrichtung 183 aus.

Am vorderen und hinteren axialen Ende der Auslasseinrichtung 183 kann jeweils ein Abschirmelement 186 angeordnet sein, welches das aus den Auslasskörpern 184 austretende explosive Gemisch am vorderen und hinteren axialen Ende der Auslasseinrichtung 183 in Austrittsrichtung betrachtet zur Seite hin abschirmt, so dass keine Entmischung der Wolke in diesem Grenzbereich stattfinden kann.

Die Abschirmelemente 186 bilden eine Art trichterförmige Erweiterung im Anschluss an die durch die Auslassöffnung 185 gebildete Auslassfläche aus. Die Form der Abschirmelemente 186 kann auch anders als dargestellt ausgebildet sein.

Es kann ferner auch vorgesehen sein, dass am vorderen Ende der Auslasseinrichtung ebenfalls Auslasskörper mit einer axialen Richtungskomponente angeordnet sind. Die Auslassöffnungen der Auslasskörper können z. B. eine halbkugelförmige Auslassfläche ausbilden, wie dies z. B. das Ausführungsbeispiel nach Figur 6 zeigt.

Die in Figur 11 gezeigte Auslasseinrichtung 203 enthält ein Diffusorenfeld. Dieses besteht aus einer Vielzahl nebeneinander angeordneten Auslasskörpern in Form von trichterförmigen Diffusoren 204, welche gleich ausgerichtet sind. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel liegen die Auslassöffnungen 205 in einer gemeinsamen Ebene, was jedoch nicht zwingend ist. Die Auslassöffnungen 205 bilden eine ebene Auslassfläche aus.

Die Auslasseinrichtung 203 eignet sich insbesondere für den Einbau an bzw. in eine Wand. Die Auslasseinrichtung 203 kann z. B. in der Wand versenkt sein, wobei die Auslassöffnungen 205 mit der Wand fluchten.

Das in Figur 12 gezeigte Reinigungsgerät 221 enthält eine Auslasseinrichtung 223. Diese enthält eine Mehrzahl entlang des Umfangs der Speisedruckleitung 222 angeordnete und radial von dieser weg führenden Auslasskörper in Form von

- 52 -

trichterförmigen Diffusoren 224 mit nach aussen gerichteten Auslassöffnungen 225. Die Diffusoren 224 liegen in einer gemeinsamen Ebene und bilden dadurch eine scheibenförmige Anordnung aus.

- 5 In der Wand 230 des Behälters bzw. der Anlage kann eine zur Diffusorenanordnung korrespondierende Ausnehmung bzw. Vertiefung vorgesehen sein, in welche die scheibenförmige Diffusorenanordnung durch Zurückziehen (Pfeilrichtung) der Auslasseinrichtung 203 verstaut, eingebettet bzw. versenkt werden kann (siehe Figur 12a). Zur Einnahme der Arbeitsposition wird die scheibenförmige Diffusorenanord-
- 10 nung aus der Vertiefung in den Raum des Behälters bzw. der Anlage ausgefahren (Pfeilrichtung) (siehe Figur 12b). Die Figur 12c zeigt ferner eine Draufsicht der Diffusorenanordnung der Auslasseinrichtung 203.

- Das Reinigungsgerät 221 eignet sich insbesondere zum Abreinigen der Wand 230, an
- 15 welcher diese angeordnet ist. Der durch das Reinigungsgerät 221 erzeugte Explosionsdruck entfaltet eine Abscherwirkung auf die an der Wand 230 haftenden Verschmutzungen.

- Das in Figur 13 gezeigte Reinigungsgerät 241 enthält eine Auslasseinrichtung 243.
- 20 Diese weist ähnlich einer Zellradschleuse von der Speisedruckleitung 242 radial abstehende Trennwände 251 auf, welche parallel zur Längsrichtung der Speisedruckleitung 242 angeordnet sind. Zwei benachbarte Trennwände 251 bilden durch ihre radiale Ausrichtung einen Auslasskörper aus. Der Auslasskörper formt einen keilförmigen Raum, welcher als Diffusor 244 wirkt. In der Speisedruckleitung
- 25 242 sind Durchlässe 250 vorgesehen, welche in den keilförmigen Raum zwischen den Trennwänden 251 münden. Durch diese Durchlässe 250 strömt das explosionsfähige Gemisch in den keilförmigen Diffusorraum und wird in diesem beruhigt, bevor das Gemisch durch die zwischen zwei Trennwänden ausgebildete schlitzförmige Auslassöffnung nach aussen entweicht.

Gemäss diesem Ausführungsbeispiel bildet der reinigungsseitige Endabschnitt der Speisedruckleitung 242 den Verteilerraum aus.

In Abwandlung des Ausführungsbeispiels nach Figur 13 kann auch vorgesehen sein, dass zwischen den Trennwänden Auslasskörper, welche z. B. als Diffusoren ausgebildet sind, angeordnet sind. Diese sind bevorzugt in einer Reihe nebeneinander angeordnet und an Durchlässe der Speisedruckleitung angeschlossen. Die Trennwände erstrecken sich radial über die Auslassöffnungen der Auslasskörper hinweg. Dasselbe Resultat würde erzielt, wenn zwischen die Reihen von Diffusoren 184 gemäss dem Ausführungsbeispiel 183 radial von der Speisedruckleitung 182 wegführende Trennwände angeordnet würden.

Die Trennwände geben einen zusätzlichen Schutz bei starker Strömung in der Umgebungsatmosphäre. So kann die Wolke beispielsweise zwischen den Trennwänden geschützt ausgebildet und gezündet werden. Da bei der Explosion der Explosionsdruck jeweils beidseits der Trennwände aufgebaut wird, werden diese nicht deformiert, auch wenn diese vergleichsweise dünnwandig ausgebildet sind.

Die Auslasseinrichtung gemäss den Ausführungsbeispielen nach Figur 3 bis 13 kann z. B. an einem reinigungsseitigen Endabschnitt einer oben beschriebenen Reinigungslanze angebracht sein.

Gemäss der in Figur 14 gezeigten konzeptionellen Darstellung einer Reinigungsvorrichtung 501 werden mehrere Diffusoren 504 durch jeweils separate Speisedruckleitungen 502 mit dem explosionsfähigen Gemisch gespiesen. Die einzelnen gasförmigen Komponenten des Gemischs werden über entsprechende Speiseleitungen 512, 513 aus einem jeweils gemeinsamen Druckbehälter 510, 511 den einzelnen Diffusoren 504 bzw. deren Speisedruckleitungen 502 zugeführt.

- 54 -

Gemäss der in den Figuren 15 und 16 gezeigten konzeptionellen Darstellung einer Reinigungsvorrichtung 521, 541 werden mehrere Diffusoren 524, 544 über eine Sammelanspeisung mit dem explosionsfähigen Gemisch versorgt. Die Diffusoren 524 werden hierzu durch eine gemeinsame Speisedruckleitung 522 gespiesen,  
5 welche sich zu den einzelnen Diffusoren 524, 544 hin verzweigt.

Die Ausführungsformen gemäss Figur 15 und 16 sind mit der Ausführungsform gemäss Figur 14 kombinierbar. D.h. statt eines einzelnen Diffusors 504 gemäss Figur 14 kann sich die Speisedruckleitung 502 verzweigen und mehrere Diffusoren  
10 speisen.

Die Figuren 17a und 17b zeigen eine weitere Ausführungsform einer Auslasseinrichtung 463 eines Reinigungsgeräts mit einer Auslassöffnung 465. Die Auslasseinrichtung 463 bildet zur Auslassöffnung 465 hin einen Diffusor in Form  
15 einer trichterförmigen Erweiterung aus. Die Auslasseinrichtung 463 mit dem Diffusor bildet auch einen Aufnahmeraum 467 für einen Teil des eingeleiteten explosionsfähigen Gemisches aus. Ein anderer Teil des gasförmigen Gemisches wird im Diffusor beruhigt und strömt über die Auslassöffnung 465 nach aussen und bildet die Wolke 466 aus.

20

In der trichterförmigen Erweiterung des Diffusors sind ringförmige Strömungsleitelemente 469 angeordnet, welche jeweils zur Auslassöffnung 465 hin ebenfalls eine trichterförmige Erweiterung aufweisen. Zwischen der Aussenwand des Diffusors und dem Strömungsleitelement 469 bzw. zwischen den Strömungsleitelementen 469 wird ein ringförmiger Strömungskanal 471 ausgebildet. Dieser weist  
25 zur Auslassöffnung 465 hin ebenfalls eine konische Erweiterung auf. Der ringförmige Strömungskanal 471 wird durch radial angeordnete Verbindungsstege 470 unterbrochen, welche die Strömungsleitelemente 469 untereinander und mit der Aussenwand des Diffusors verbinden. Die Strömungsleitelemente 469 tragen

ebenfalls zur Beruhigung und Vergleichmässigung der Strömung bei. Die Anzahl der Strömungsleitelemente 469 kann variieren.

Die Strömungsleitelemente 469 können gegenüber einer Längsachse A von innen  
5 nach aussen einen zunehmenden Winkel aufweisen. Im vorliegend gezeigten Ausführungsbeispiel nimmt dieser Winkel in Schritten von  $10^\circ$  (Winkelgrade) nach aussen zu. Das innerste Strömungsleitelemente 469 weist zum Beispiel gegenüber der Längsachse A einen Winkel von  $10^\circ$ , das zweitäusserste Strömungselement 469 einen Winkel von  $20^\circ$  und die Aussenwand einen Winkel von  $30^\circ$  auf.

10

Die Figur 18 zeigt eine besondere Ausgestaltung des Reinigungsgeräts 651 im Bereich der Mischzone 664. Das Reinigungsgerät 651 ist eine Reinigungslanze mit einer Speisedruckleitung 656 mit Speisedruckkanal 657. An der Speisedruckleitung 656 ist eine Zündeinrichtung 668 vorgesehen.

15

Am zufuhrseitigen Endabschnitt ist eine Dosiereinrichtung 654 angeordnet. Die Dosiereinrichtung 654 umfasst ein Gasführungsrohr 658, auch Aussenrohr genannt, und ein Innenrohr 659. Das Innenrohr 659 bildet einen ersten Einleitkanal 652 aus, über welchen eine brennbare, gasförmige Komponente in den Speisedruckkanal 657  
20 eingeleitet wird. Letztere Komponente wird über die Dosierventile 663 in den ersten Einleitkanal 652 eingeleitet, welche nur beispielhaft gezeigt sind.

Zwischen dem Gasführungsrohr 658 und dem Innenrohr 659 wird ein ringförmiger, zweiter Einleitkanal 653 ausgebildet, über welchen gasförmiger Sauerstoff oder eine  
25 sauerstoffhaltige, gasförmige Komponente in den Speisedruckkanal 657 der Speisedruckleitung 656 eingeleitet wird.

Das Innenrohr 659 endet innerhalb des Gasführungsrohres 658. Der zweite, ringförmige Einleitkanal 653 geht an dieser Stelle in den Speisedruckkanal 657 über.  
30 In diesem Bereich wird eine Mischzone 664 ausgebildet, in welcher sich die aus dem

ersten und zweiten Einleitkanal 652, 653 in den gemeinsamen Speisedruckkanal 657 einströmenden, gasförmigen Komponenten miteinander vermischen.

Im Bereich des Innenrohr-Endes ist eine Verengung des Querschnitts vorgesehen.

5 Diese Verengung ist dergestalt, dass sich der Querschnitt des zweiten, ringförmigen Einleitkanals 653 zum Innenrohr-Ende hin konisch verengt. Ferner ist die Verengung dergestalt, dass sich der Querschnitt des Speisedruckkanals 657 im Anschluss an das Innenrohr-Ende in Zufuhrri-  
 10 chtonung R konisch vergrössert. Das Innenrohr-Ende liegt im Bereich des sich in Zufuhrri-  
 chtonung R wieder vergrössernden Querschnittes. Die engste Stelle ist hinter dem Innenrohr-Ende angeordnet.

Die geometrische Ausgestaltung der Querschnittsveränderung ist dergestalt, dass das Reinigungsgerät 651 im Bereich des Innenrohr-Endes bei entsprechenden Strömungsverhältnissen eine Lavaldüse ausbildet.

Die Ausführungsform einer Reinigungsvorrichtung 601 gemäss Figur 19a und 19b zeigt eine Reinigungslanze mit einem zufuhrseitigen Endabschnitt, an welchem eine Dosiereinrichtung 604 ausgebildet ist und einem reinigungsseitigen Endabschnitt, an welchem eine Auslasseinrichtung 605 angeordnet ist. Zwischen der Dosiereinrichtung 604 und der Auslasseinrichtung 605 ist eine Speisedruckleitung 606 mit einem Speisedruckkanal 607 angeordnet, über welchen das explosionsfähige Gemisch von der Dosiereinrichtung 604 zur Auslasseinrichtung 605 befördert wird.

Die Auslasseinrichtung 605 ist im vorliegenden Beispiel als konischer Diffusor mit  
25 einer Auslassöffnung ausgebildet. Die Auslasseinrichtung 605 kann jedoch auch  
anders ausgebildet sein.

Die Reinigungslanze ist durch eine Öffnung in der Behälterwand 630 in den Innenraum eines zu reinigenden Behälters einführbar.

- 57 -

Die Dosiereinrichtung 604 umfasst ein Gasführungsrohr 608 und ein Innenrohr 609. Das Innenrohr 609 bildet einen ersten Einleitkanal 602 aus, über welchen eine brennbare, gasförmige Komponente in den Speisedruckkanal 607 eingeleitet wird. Zwischen dem Gasführungsrohr 608 und dem Innenrohr 609 wird ein zweiter, ringförmiger Einleitkanal 603 ausgebildet, über welche Sauerstoff oder eine sauerstoffhaltige, gasförmige Komponente in den Speisedruckkanal 607 der Speisedruckleitung 606 eingeleitet wird.

Die erste, brennbare Komponente wird über mehrere Dosierventile 612 aus einem ersten Druckbehälter 621 in den ersten Einleitkanal 602 eingeleitet. Der Sauerstoff bzw. die sauerstoffhaltige Komponente wird über mehrere Dosierventile 613 aus einem zweiten Druckbehälter 622 in den zweiten Einleitkanal 603 eingeleitet.

Die Anzahl der Dosierventile 612, 613 für die erste und zweite gasförmige Komponente ist so gewählt, dass das Verhältnis der Anzahl Dosierventile 612, 613 dem stöchiometrischen Verhältnis der zuzuführenden Komponenten entspricht. Im vorliegenden Beispiel ist die erste Komponente Sauerstoff und die zweite Komponente Ethan. Diese werden im stöchiometrischen Verhältnis von 7:2 eingeleitet. Entsprechend sind für die erste Komponente zwei 612 und für die zweite Komponente sieben Dosierventile 613 vorgesehen.

Der erste Druckbehälter 621 wird über eine erste Speiseleitung 610 und der zweite Druckbehälter 622 über eine zweite Speiseleitung 611 mit der entsprechenden gasförmigen Komponente versorgt.

Das Innenrohr 609 endet innerhalb des Gasführungsrohres 608. Der zweite, ringförmige Einleitkanal 603 geht beim Innenrohr-Ende in den Speisedruckkanal 607 über. In diesem Bereich wird eine Mischzone 614 ausgebildet, in welcher sich die aus dem ersten und zweiten Einleitkanal 602, 603 in den gemeinsamen Speisedruckkanal 607 einströmenden gasförmigen Komponenten miteinander ver-

mischen. Der Querschnitt des Speisedruckkanals 607 erfährt in der Mischzone eine trichterförmige Erweiterung.

5 An der Speisedruckleitung 656 ist eine Zündeinrichtung 668 zum Zünden des explosionsfähigen Gemischs vorgesehen. Eine Steuerungseinrichtung 617 ist über Steuerleitungen 619 mit der Zündeinrichtung 668 sowie den Dosierventilen 612, 613 verbunden. Die Steuerleitungen 619 sollen auch für eine drahtlose Verbindung stehen. Das Öffnen und Schliessen der Dosierventile 612, 613 sowie die Aktivierung der Zündeinrichtung geschieht über die Steuerungseinrichtung 617.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Entfernen von Ablagerungen in Innenräumen von Behältern und Anlagen (30, 70) mit einer Reinigungsvorrichtung (1, 51, 81, 101, 121, 141, 161, 181, 201, 221, 241) mittels Explosionstechnologie, wobei die Reinigungsvorrichtung (1, 51, 81, 101, 121, 141, 161, 181, 201, 221, 241) ein Reinigungsgerät mit einer Speisedruckleitung und eine mit der Speisedruckleitung (7, 67, 82, 102, 122, 142, 162, 182, 202, 222, 242) verbundene Auslasseinrichtung mit wenigstens einer Auslassöffnung (26, 69, 84, 105, 125, 145, 165, 185, 205, 225, 245) enthält, mit folgenden Schritten:
  - Einleiten wenigstens einer gasförmigen Komponente in das Reinigungsgerät;
  - Bereitstellen eines gasförmigen, explosionsfähigen Gemischs aus der wenigstens einen gasförmigen Komponente in der Speisedruckleitung und über die Speisedruckleitung in der Auslasseinrichtung, wobei die Speisedruckleitung und die Auslasseinrichtung (5, 62, 463) einen Aufnahmeraum (27, 80, 467) zur Aufnahme wenigstens eines Teils des explosionsfähigen Gemisches ausbilden;
  - gesteuertes Zünden des explosionsfähigen Gemisches mittels einer Zündeinrichtung, wobei das explosionsfähige Gemisch zur Explosion gebracht wird.
2. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Aufnahmeraum (27, 80, 467) über die mindestens eine Auslassöffnung (26, 69, 465) während der Einleitung der wenigstens einen gasförmigen Komponente sowie während der Zündung und Explosion des explosionsfähigen Gemisches nach aussen offen ist.
3. Verfahren gemäss Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Gesamtvolumen an explosionsfähigem Gemisch wenigstens durch das Volumen an explosionsfähigem Gemisch im Aufnahmeraum ausgebildet wird.

4. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des eingeleiteten explosionsfähigen Gemischs über die Auslassöffnung (26, 69, 84, 105, 125, 145, 165, 185, 205 225, 245) in den Innenraum (31, 71)  
5 des Behälters oder Anlage (30, 70) eingeleitet wird, und im Innenraum (31, 71) eine Wolke (6, 77) aus dem explosionsfähigen Gemisch ausgebildet wird.
5. Verfahren gemäss Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Gesamtvolumen an explosionsfähigem Gemisch das Volumen an explosionsfähigem  
10 Gemisch im Aufnahmeraum des Reinigungsgeräts und das Volumen der ausserhalb des Reinigungsgeräts ausgebildeten Wolke aus explosionsfähigem Gemisch umfasst.
6. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass  
15 das Gesamtvolumen aus dem explosionsfähigen Gemisch mittels einer Zündeinrichtung (18, 60) gesteuert zur Explosion gebracht wird.
7. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Gesamtvolumen aus explosionsfähigem Gemisch in einem Zeitraum von 1  
20 Sekunde oder weniger, bevorzugt von 0.5 Sekunden oder weniger, insbesondere von 0.1 Sekunden oder weniger im Aufnahmeraum erzeugt und gesteuert zur Explosion gebracht wird.
8. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass  
25 die Einleitung der wenigstens einen gasförmigen Komponente über wenigstens eine Dosierarmatur (23, 25) aus wenigstens einem Druckbehälter erfolgt, und der Restdruck in dem wenigstens einen Druckbehälter nach Abschluss der Einleitung der gasförmigen Komponente im Überdruckbereich liegt.

9. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei gasförmige Komponente in das Reinigungsgerät eingeleitet werden, und im Reinigungsgerät (601, 651) eine Mischzone (614, 664) ausgebildet wird, in welcher die gasförmigen Komponenten zum explosionsfähigen Gemisch vermischt werden.
10. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausbildung des Gesamtvolumens an explosionsfähigem Gemisch die wenigstens eine gasförmige Komponente über wenigstens eine Dosierarmatur mit einer derart hohen Geschwindigkeit in das Reinigungsgerät eingeleitet wird, dass das explosionsfähige Gemisch in der Speisedruckleitung (606, 656) eine Druckfront ausbildet.
11. Verfahren gemäss Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das explosionsfähige Gemisch in Strömungsrichtung betrachtet hinter der Druckfront einen Überdruck aufweist.
12. Verfahren gemäss Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das explosionsfähige Gemisch in Strömungsrichtung betrachtet hinter der Druckfront eine gegenüber Umgebungsdruck höhere Dichte aufweist.
13. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Zündung des explosionsfähigen Gemisches in der Speisedruckleitung eine sich in Richtung Auslassöffnung bewegend Explosionsdruckwelle erzeugt wird, welche den Ausstoss von explosionsfähigem Gemisch durch die wenigstens eine Auslassöffnung bewirkt, und so insbesondere eine Wolke aus explosionsfähigem Gemisch ausgebildet oder fertig ausgebildet wird.

- 62 -

14. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das explosionsfähige Gemisch in der Speisedruckleitung (7, 82, 67) gezündet wird.
- 5 15. Verfahren gemäss Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die in der Speisedruckleitung (7, 82, 67) eingeleitete Explosion auf die Wolke (6, 77) ausserhalb der Auslasseinrichtung (5, 62, 83) übertragen wird.
- 10 16. Reinigungsvorrichtung (1, 51, 81, 101, 121, 141, 161, 181, 201, 221, 241) zum Entfernen von Ablagerungen in Innenräumen (31, 71) von Behältern oder Anlagen (30, 70) mittels Explosionstechnologie, insbesondere zur Ausübung des Verfahrens gemäss den Ansprüchen 1 bis 14, enthaltend ein Reinigungsgerät mit einer Speisedruckleitung (7, 67, 82, 92, 102, 122, 142, 162, 182, 202, 222, 242, 502, 522) und eine am Ende der Speisedruckleitung (7, 67, 82, 92, 102, 122, 142, 15 162, 182, 202, 222, 242, 502, 522) angeordnete Auslasseinrichtung (5, 62, 83, 103, 123, 143, 163, 183, 203, 223, 243) mit wenigstens einer Auslassöffnung (26, 69, 85, 95, 105, 125, 145, 165, 185, 205, 225, 245).
- 20 17. Vorrichtung gemäss Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Speisedruckleitung und die Auslasseinrichtung (5, 62, 463) einen Aufnahme- raum (27, 80, 467) zur Aufnahme wenigstens eines Teils eines explosions- fähigen Gemisches ausbilden.
- 25 18. Vorrichtung gemäss Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Aufnahme- raum (27, 80, 467) über die wenigstens eine Auslassöffnung nach aussen offen ist.
- 30 19. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Reinigungsgerät und insbesondere dessen Auslasseinrichtung (5, 62, 83, 103, 123, 143, 163, 183, 203, 223, 243) zum Einleiten des explosionsfähigen

Gemisches in den Innenraum (31, 71) des Behälters oder der Anlage (30, 70) und zur Ausbildung einer Wolke (6, 77) aus dem explosionsfähigen Gemisch im Innenraum (31, 71) des Behälters oder der Anlage (30, 70) ausgelegt ist.

- 5     20. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet,  
dass das Reinigungsgerät ein Längsbauteil mit einem zufuhrseitigen und einen  
reinigungsseitigen Endabschnitt (4a, 4b; 65, 66) ist, und das Längsbauteil eine  
Speisedruckleitung (7, 78) zur Zufuhr des explosionsfähigen Gemisch vom  
zufuhrseitigen zum reinigungsseitigen Endabschnitt (4a, 4b; 65, 66) enthält, und  
10     im zufuhrseitigen Endabschnitt (4a, 65) wenigstens eine Dosierarmatur (23, 72)  
für den dosierten Einlass wenigstens einer gasförmigen Komponente für das  
explosionsfähige Gemisch in das Reinigungsgerät angeordnet ist.
- 15     21. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Auslasseinrichtung (5, 62, 83, 103, 123, 143, 163, 183, 203, 223, 243)  
am reinigungsseitigen Endabschnitt im Anschluss an die Speisedruckleitung  
angeordnet ist.
- 20     22. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet,  
dass das Reinigungsgerät (601, 651) einen ersten Einleitkanal (602, 652) zum  
Einleiten einer ersten gasförmigen Komponente und einen zweiten Einleitkanal  
(603, 653) zum Einleiten einer zweiten gasförmigen Komponente, und die  
Einleitkanäle (602, 652; 603, 653) in den Speisedruckkanal (607, 657) der  
Speisedruckleitung (606, 656) übergehen und im Übergangsbereich insbeson-  
25     dere eine Verengung des Querschnitts ausgebildet wird.
23. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Querschnittsfläche der Auslassöffnung (26, 69, 85, 95) oder die  
Gesamtquerschnittsfläche der Auslassöffnungen grösser ist als die Querschnitts-

fläche des Speisedruckkanals (78, 88, 98) der Speisedruckleitung (7, 82, 67, 92) oder der Gesamtquerschnittsfläche der Speisedruckleitungen.

24. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet,  
5 dass die Auslasseinrichtung als Diffusor (5, 62, 83) ausgebildet ist, und der Diffusor (5, 62, 83) die Auslassöffnung (26, 69, 84) enthält.
25. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet,  
10 dass der Diffusor (5, 62, 83) eine trichterförmige Erweiterung aufweist.
26. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 16 bis 25, dadurch gekennzeichnet,  
dass der Diffusor eine an die Speisedruckleitung (7, 81, 67) anschliessende, zur Auslassöffnung (26, 69, 85) hin trichterförmige Erweiterung ist.
- 15 27. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 16 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Öffnungswinkel des Diffusors (5, 62, 83)  $45^\circ$  oder kleiner, vorzugsweise  $30^\circ$  oder kleiner, und insbesondere  $20^\circ$  oder kleiner ist.
28. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 16 bis 27, dadurch gekennzeichnet,  
20 dass im Diffusor (93) und oder in der Speisedruckleitung (92) wenigstens ein Verwirbelungselement (94) angeordnet ist.
29. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 16 bis 28, dadurch gekennzeichnet,  
25 dass die Auslasseinrichtung (83, 103, 123, 183, 203, 223, 243) einen oder mehrere Auslasskörper mit jeweils einer Auslassöffnung (85, 105, 125, 185, 205, 225, 245) enthält.
30. Vorrichtung gemäss Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Auslasskörper als Diffusoren ausgebildet sind.

31. Vorrichtung gemäss Anspruch 16 oder 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Auslasseinrichtung mehrere Auslasskörper enthält und die Auslasskörper:
- von einem Zentrum radial nach aussen gerichtet sind, wobei die Auslassöffnungen eine kugelförmige oder halbkugelförmige Auslassfläche definieren;
  - 5    - von einem Zentrum radial nach aussen gerichtet in einer Ebene angeordnet sind, wobei die Auslassöffnungen eine ringförmige Auslassfläche definieren; oder
  - entlang einer Zentrumsachse radial nach aussen gerichtet sind, wobei die Auslassöffnungen eine zylinderförmige Auslassfläche definieren.