

VORRICHTUNG UND VERFAHREN 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 eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Entfernen von Ablagerungen in Innenräumen von Behältern und Anlagen mittels Explosions-technologie.

5

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

- 10 Die Wandflächen von Brennkammern bzw. Verbrennungskesseln, Abhitzekeßeln bzw. Leertügen, wie sie z. B. in Müllverbrennungsanlagen oder Wärmekraftwerken vorkommen, oder ganz allgemein von Verbrennungskesseln unterliegen im allgemeinen starken Verschmutzungen. Diese Verschmutzungen haben anorganische Zusammensetzungen und entstehen typischerweise durch Ablagerung von
- 15 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 Reinigungsverfahren nur schwer und unzureichend
- 20 entfernen. Dies führt dazu, dass die Anlage bzw. Teile davon zwecks Reinigung periodisch abgestellt und abgekühlt werden muss. Da solche Anlagen meist ziemlich

- 2 -

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
5 Begleiterscheinung eines Betriebsunterbruchs einer Anlage sind Schäden an Behältermaterialien selber als Folge der starken Temperaturänderungen. Neben den Reinigungs- und Reparaturkosten sind die Anlagenstillstandkosten durch den Produktions- bzw. Einnahmenausfall ebenfalls ein wichtiger Kostenfaktor.

10 Ein Reinigungsverfahren, welches bei abgestellten Anlagen angewendet wird, ist beispielsweise das Sandstrahlen.

Reinigungsverfahren, welche beispielsweise auch bei laufendem Betrieb der Anlage ausgeführt werden können, sind das Kesselnklopfen, sowie die Verwendung von
15 Dampfstrahlern, Wasserstrahlbläsern oder Russbläsern.

Ferner sind Reinigungsverfahren bekannt, bei welchem der erkaltete oder der in Betrieb befindliche, heisse Kessel mittels Einbringen und Zünden von Sprengkörpern gereinigt wird. Bei dem im Dokument EP 1 067 349 beschriebenen Verfahren wird ein
20 gekühlter Sprengkörper mittels einer ebenfalls 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 kann mit dieser Methode im Vergleich zu den herkömmlichen Reinigungsverfahren
25 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 Stunden und ohne Betriebsunterbruch zu reinigen, wozu mit einer herkömmlichen Reinigungsmethode Tage gebraucht werden.

30

Aus der EP 1 362 213 B1 ist ein 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
5 wird zusammen mit der leeren Behälterhülle in den Kesselraum 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, Rohrbündeln von Wärmetauschern und
10 anderen Wärmetauschern führen. Die Behälterhülle wird durch die Explosion zerfetzt und verbrannt. Sie stellt daher Gebrauchsmaterial dar.

Dieses Verfahren weist gegenüber der zuvor genannten Sprengreinigung mittels Sprengstoff den Vorteil auf, dass das Verfahren günstiger im Betrieb ist und das
15 Beschaffen und der Umgang mit den besagten Gasen im Gegensatz zu Sprengstoff keine besonderen Bewilligungen oder Qualifikationen bedarf, so dass jedermann mit einer entsprechenden Schulung das Verfahren ausführen kann. Überdies besteht beim Einsatz von explosionsfähigen Gasgemischen im Gegensatz zu Sprengstoff keine oder zumindest eine wesentlich geringere Gefahr von Schäden an den Anlagenstrukturen.

20 Die oben genannten Reinigungsverfahren haben gemeinsam, dass dies mobile Reinigungsverfahren sind, deren dazugehörigen Reinigungsvorrichtungen durch geschultes Personal vor Ort bedient werden müssen. Diese Reinigungsverfahren weisen den Nachteil auf, dass zur Reinigung Personal aufgeboden werden muss,
25 welche mittels den mobilen Reinigungsgeräten etappenweise die einzelnen Bereiche des Innenraums des Behälter bzw. der Anlage reinigt.

Da der Betreiber der Anlage in der Regel kein eigenes, entsprechend geschultes Personal für diese Tätigkeit zur Verfügung stellen kann, werden solche mobile
30 Reinigungen in der Regel durch externe Unternehmen ausgeführt. Dies ist

entsprechend teuer und aufwändig. Dies hat auch zur Folge, dass nur periodisch Reinigungen durchgeführt werden. Die Anlage kann daher in der Zeitspanne zwischen zwei Reinigungen stark verschmutzen, wodurch deren Betrieb ineffizienter wird.

- 5 Neben mobilen Reinigungsverfahren gibt es auch festinstallierte und vollautomatisierte Reinigungssysteme, welche in regelmässigen Abständen Reinigungen im Innenraum des Behälters bzw. der Anlage durchführen. Diese Systeme sind in der Regel an der Kesselwand, z. B. im Bereich einer Kesseltüre, installiert. Ein besonderer Typ von festinstallierten Reinigungssystemen sind die so genannten Druckwellengeneratoren.
- 10 Das Funktionsprinzip der Druckwellengeneratoren basiert auf einer verschliessbaren Abbrennkammer, in welcher im geschlossenen Zustand ein brennbares Gasgemisch unter sehr hohem Druck bereitgestellt, z. B. von mehreren Dutzend Bar, fallweise sogar mehreren hundert Bar, und mittels gesteuerter Zündung zur Reaktion gebracht wird. Die Abbrennkammer wird hierbei um den Zeitpunkt der Zündung des
- 15 brennbaren Gasgemischs geöffnet, wodurch sich die durch die Zündung des brennbaren Gasgemischs erzeugte Druckwelle in den Innenraum des zu reinigenden Behälters bzw. der zur reinigenden Anlage ausbreitet. Die Abbrennkammer wird in der Regel durch einen beweglichen Kolben verschlossen. Ein solcher Druckwellengenerator ist beispielsweise in der WO2019185736 A1 beschrieben.
- 20
- Die Druckwellengeneratoren weisen jedoch den Nachteil eines hohen Verschleisses, insbesondere der beweglichen Teile, wie des Verschlusskolbens, auf. Dies rührt unter anderem daher, dass die Zündung in das unter sehr hohen Druck stehenden Gasgemisch erfolgt, wobei die aus der Detonation des Gasgemischs hervorgehende
- 25 Druckwelle einem Vielfachen des bereits sehr hohen Ausgangsdrucks bei der Zündung entspricht. Der hohe Detonationsdruck führt nun zusammen mit den bei Detonationen gefürchteten Verdichtungsstössen, die sich in Überschallgeschwindigkeit ausbreiten, zu hohem Verschleiss.

- 5 -

Deshalb sind die Druckwellengeneratoren einer neuen Generation so ausgelegt, dass die Reaktion des explosionsfähigen Gasgemischs nicht mit einer Detonation einher geht. Die Reaktion entspricht vielmehr einer Deflagration, welche sich mit Unterschallgeschwindigkeit ausbreitet und daher eine geringere Verschleisswirkung auf die mechanischen Teile des Reinigungssystems ausübt.

Es ist nun **Aufgabe eines ersten Erfindungsaspekts**, eine Vorrichtung zur Reinigung von Innenräumen von Behältern und Anlagen vorzuschlagen, welche fest installierbar ist, eine gute Reinigungsleistung erbringt und insbesondere auch verschleissarm ist.

10 Überdies soll die Vorrichtung vollautomatisiert betreibbar sein, so dass für die Reinigung kein Personal vor Ort anwesend sein muss.

Die Vorrichtung soll entsprechend möglichst wenig bewegte Teile aufweisen und wartungsarm sein.

15 Vorrichtungen, welche zur Reinigung mittels Explosionstechnologie ausgelegt sind, werden in der Regel mittels Drucksensoren überwacht. Die Drucksensoren dienen beispielsweise zur Erfassung der Explosion und somit der regulären Zündung des Gasgemischs im Rahmen eines Reinigungszyklus. Damit kann indirekt das Ausbleiben der

20 Zündung und daher ein Fehlschlagen eines Reinigungszyklus detektiert werden.

Ferner können Drucksensoren auch zur Erfassung von Fehlzündungen, z. B. von unerwünschten Rückzündungen aus dem Innenraum des zu reinigenden Behälters oder Anlage dienen. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die Überwachungen von

25 Rückschlagsicherungen, wie Rückschlagventile. Rückschlagsicherungen werden eingesetzt, um ein das Ausbreiten der Explosionsdruckwelle in den Einleitkanälen bzw. Zufuhrleitungen stromaufwärts zu verhindern. Mit den Drucksensoren können nun Rückschlagsicherungen detektiert werden, welche nicht mehr ordnungsgemäss arbeiten und die Explosionsdruckwelle vollständig oder teilweise im Einleitkanal bzw.

30 in der Zufuhrleitung stromaufwärts ausbreiten lassen.

- 6 -

Alle Anwendungen von Drucksensoren an solchen Vorrichtungen haben gemeinsam, dass diese den (Gas-)Druck in einem gasführenden Teil der Vorrichtung messen. Die Drucksensoren sind entsprechend an der Vorrichtung angebracht.

5

Es wurde nun festgestellt, dass die Drucksensoren durch die starken Vibrationen der Vorrichtung, welche sich bei der Explosion des explosionsfähigen Gasgemischs im Rahmen eines Reinigungszyklus jeweils unweigerlich ergeben, beeinträchtigt werden. Das heisst, die Drucksensoren weisen eine vergleichsweise kurze Lebensdauer auf. So

10 können durch den von der Vorrichtung zum Drucksensor weitergeleitete Körperschall der Explosionen elektrische Kontakte oder elektronische Komponenten im Drucksensor beschädigt werden.

Es ist daher **Aufgabe eines zweiten Erfindungsaspekts**, eine Sensoreinrichtung mit einem Drucksensor zur Ermittlung des (Gas-)Druckes in einem gasführenden Teil der Vorrichtung vorzuschlagen, welche gegen Erschütterungen, Vibration und ganz allgemein gegen Körperschall, wie sie bei Explosionen erzeugt werden, beständig ist.

20 Die Aufgaben gemäss den beiden Erfindungsaspekten werden durch die anspruchsgemässen Merkmale gelöst.

Die Aufgabe wird mittels einer Vorrichtung zum Entfernen von Ablagerungen in Innenräumen von Behältern oder Anlagen mittels Explosionstechnologie gelöst, wobei die Vorrichtung einen Explosionserzeuger enthält. Der Explosionsgenerator wiederum umfasst:

- eine Explosionskammer;
- mindestens eine Einlasseinrichtung mit einer Einlassöffnung zum Einlassen eines gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer zwecks Bereitstellung eines explosionsfähigen Gasgemischs in der Explosionskammer;

- 7 -

- eine Zündeinrichtung zum Zünden des explosionsfähigen Gasgemischs in der Explosionskammer;
 - eine Auslasseinrichtung mit mindestens einer Auslassöffnung zum Auslassen eines Druckimpulses zwecks Entfernung der Ablagerungen im Innenraum des Behälters
- 5 oder der Anlage.

Gemäss dem ersten Erfindungsaspekt ist die mindestens eine Auslassöffnung während der Zündung und Explosion des explosionsfähigen Gasgemischs nach aussen offen. Die Auslassöffnung ist insbesondere während der Einleitung des explosionsfähigen

10 Gasgemischs in den Aufnahmeraum nach aussen offen. Die Auslassöffnung ist insbesondere während eines kompletten Reinigungszyklus, nach aussen offen.

Ein Reinigungszyklus umfasst insbesondere den Einlass des mindestens einen gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer des Explosionserzeugers sowie das

15 Zünden des explosionsfähigen Gasgemischs und die anschliessende Explosion des explosionsfähigen Gasgemischs.

Eine Explosion kennzeichnet sich insbesondere durch die mechanische Wirkung, des plötzlichen Druck- und Temperaturanstieges, der bei einer Deflagration oder

20 Detonation des explosionsfähigen Gasgemischs auftritt. Die Explosion kann also die Folge sowohl einer Detonation als auch einer Deflagration des explosionsfähigen Gasgemischs sein.

Die mindestens eine Auslassöffnung ist insbesondere verschlussfrei. Das heisst, die

25 Auslassöffnung wird in Betrieb nicht über ein Verschlusselement temporär verschlossen.

Der Explosionserzeuger ist insbesondere zur stationären Installation am Behälter bzw. der Anlage, insbesondere an einer, eine Durchgangsöffnung aufweisenden Wand des

30 Behälters oder der Anlage ausgelegt.

Der Begriff "stationär" bedeutet insbesondere, dass der Explosionserzeuger fest bzw. ortsfest bzw. permanent am Behälter bzw. der Anlage montiert bzw. installiert ist. Der Explosionserzeuger ist insbesondere starr an einer Wand des Behälters bzw. der Anlage montiert bzw. installiert.

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

Die Automatisierung der erfindungsgemässen Reinigungsvorrichtung kann auch eine integrierte Prozessüberwachung umfassen, bei welcher Messdaten, z. B. von Sensoren, wie Drucksensoren und/oder Temperatursensoren sowie Betriebsdaten, wie Anzahl Reinigungen, Reinigungszeitpunkte, Verbrauch an Ausgangsstoffen, etc. der Reinigungsvorrichtung zentral erfasst und ausgewertet werden. So können beispielsweise die Daten von mehreren, erfindungsgemässen Reinigungsvorrichtungen einer Anlage oder sogar die Daten von mehreren erfindungsgemässen Reinigungsvorrichtungen verschiedener Anlagen vom selben Standort oder von unterschiedlichen Standorten zentral erfasst und ausgewertet werden.

Die Daten können mittels einer IT-Plattform, wie z. B. einer Cloud-basierten IoT- (Internet-der-Dinge)-Plattform erfasst und ausgewertet werden. Entsprechend können die Daten bzw. die Auswertungen über externe elektronische Geräte, wie Smartphones, Laptops, Tablets, PC, etc. ortsunabhängig abgerufen und z. B. graphisch dargestellt werden.

Dadurch ist der Betreiber bzw. Hersteller der Reinigungsvorrichtungen laufend über die Reinigungstätigkeit, allfällige Störungen oder Auffälligkeiten, den Zustand der Reinigungsvorrichtung sowie über den anstehenden Wartungsbedarf informiert ohne selbst vor Ort sein zu müssen.

5

Der Explosionserzeuger ist insbesondere mehrteilig ausgebildet und umfasst ein (wandaussenseitiges) erstes Bauteil mit der mindestens einen Einlasseinrichtung, der Explosionskammer und der Zündeinrichtung sowie ein (wandinnenseitiges) zweites Bauteil, welches die Auslasseinrichtung ausbildet. Die beiden Bauteile bilden im
10 montierten Zustand eine durchgängige Explosionskammer aus.

"Wandaussenseitig" bedeutet, dass das Bauteil ausserhalb des zu reinigenden Innenraums des Behälters bzw. der Anlage angeordnet ist. "Wandinnenseitig" bedeutet, dass das Bauteil in dem zu reinigenden Innenraum des Behälters bzw. der
15 Anlage angeordnet ist. Die Auslasseinrichtung einer Festinstallation ist also im Innenraum des Behälters bzw. der Anlage angeordnet.

Das erste und zweite Bauteil kann jeweils einen Befestigungsflansch aufweisen. So ist am ersten Bauteil ein erster Befestigungsflansch, insbesondere wandseitig angeordnet
20 und bildet insbesondere einen wandseitigen Abschluss des ersten Bauteils aus. Der Befestigungsflansch ist insbesondere am nachfolgend noch beschriebenen, zweiten Teilkörper angeordnet.

Ferner ist am zweiten Bauteil ein zweiter Befestigungsflansch, insbesondere wandseitig angeordnet und bildet insbesondere einen wandseitigen Abschluss des
25 zweiten Bauteils aus. Der Befestigungsflansch ist insbesondere am nachfolgend noch beschriebenen, rohrförmigen Gasaufnahmekörper des zweiten Bauteils angeordnet.

"Wandseitig" bedeutet, im installierten Zustand zur Wand des Behälters bzw. der
30 Anlage hin. Dies ist bezüglich des ersten Bauteils gleichbedeutend wie, im installierten

- 10 -

Zustand zum zweiten Bauteil hin und bezüglich des zweiten Bauteils gleichbedeutend wie, im installierten Zustand zum ersten Bauteil hin.

Im installierten Zustand sind die beiden Befestigungsflansche des ersten und zweiten
5 Bauteils gegeneinander gerichtet. Die beiden Befestigungsflansch sind im installierten Zustand insbesondere zur Wand des Behälters oder der Anlage hin gerichtet und schliessen diese ein.

Zum Befestigen des Explosionserzeugers an der Wand des Behälters bzw. der Anlage
10 wird das erste und zweite Bauteil mittels der Befestigungsflansche an der Wand des Behälters bzw. der Anlage befestigt. Hierbei werden die beiden Bauteile über die Wand indirekt miteinander verbunden.

Das erste und zweite Bauteil können jedoch über die Befestigungsflansche auch direkt
15 miteinander verbunden werden. In diesem Fall wird die Vorrichtung anderweitig am Behälter bzw. der Anlage bzw. an deren Wand befestigt.

Die Befestigung der Bauteile and der Wand des Behälters bzw. der Anlage, z. B. über die Befestigungsflansche, erfolgt insbesondere mittels Schraubverbindungen.
20

Die Befestigung des Explosionserzeugers bzw. dessen Bauteile an der Wand des Behälters oder der Anlage erfolgt insbesondere über eine Türöffnung in der Wand des Behälters bzw. der Anlage. Der Explosionserzeuger bzw. dessen Bauteile kann z. B. über einen in der Türöffnung installierten Montageeinsatz mit Durchgangsöffnung an
25 der Wand des Behälters bzw. der Anlage befestigt werden.

Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung umfasst das wandaussenseitige, erste Bauteil einen insbesondere einteiligen Grundkörper mit einem einlassseitigen, ersten Teilkörper und einen wandseitigen bzw. auslassseitigen, zweiten Teilkörper.
30

Die beiden Teilkörper schliessen insbesondere einen stumpfen Winkel ein, derart dass das erste Bauteil im Übergang vom ersten zum zweiten Teilkörper eine Biegung ausbildet. Die Biegung ist insbesondere derart ausgebildet, dass der erste, einlassseitige Teilkörper im installierten Zustand schräg nach oben wegführt.

5

Der wandseitige, zweite Teilkörper weist nun insbesondere eine trichterförmige Erweiterung auf. Die trichterförmige Erweiterung erfolgt insbesondere zur Auslasseinrichtung bzw. zur Wand des Behälters bzw. der Anlage hin. Die trichterförmige Erweiterung erfolgt insbesondere ausgehend von einer Mischzone zur

10 Auslasseinrichtung bzw. zur Wand des Behälters bzw. der Anlage hin.

Die trichterförmige Erweiterung des ersten Bauteils endet bzw. mündet insbesondere in einer auslassseitigen physischen Schnittstelle zum Befestigen des ersten Bauteils. Die auslassseitige physische Schnittstelle umfasst z. B. einen Befestigungsflansch. Die trichterförmige Erweiterung endet bzw. mündet mit ihrem grössten Querschnitt insbesondere im Befestigungsflansch.

15

Das erste Bauteil kann über die physische Schnittstelle am Behälter bzw. an einer Wand des Behälters befestigt sein.

20

Das erste Bauteil kann über die physische Schnittstelle mit dem zweiten Bauteil verbunden sein.

Das erste Bauteil kann über die physische Schnittstelle sowohl mit dem Behälter bzw. der Wand des Behälters als auch mit dem zweiten Bauteil verbunden sein.

25

Die trichterförmige Erweiterung führt insbesondere zu einer Querschnittserweiterung zur Auslasseinrichtung bzw. zu Wand des Behälters bzw. der Anlage hin. Die trichterförmige Erweiterung dient daher unter anderem der Vergrösserung der Explosionskammer zur Auslassöffnung hin. Dadurch lässt sich ein grösseres Volumen

30

- 12 -

an explosionsfähigem Gasgemisch im Explosionserzeuger bereitstellen. Das explosionsfähige Gasgemisch liegt insbesondere im Bereich der trichterförmigen Erweiterung unter atmosphärischem Druck vor.

- 5 Die trichterförmige Erweiterung zeichnet sich durch eine kontinuierliche Vergrösserung des Strömungsquerschnitts aus, wodurch im Gegensatz zu einer stufenförmigen Querschnittserweiterung optimale Strömungsverhältnisse in der Explosionskammer erreicht werden.
- 10 Der Öffnungswinkel der trichterförmigen Erweiterung ist beispielsweise 60° oder kleiner, insbesondere 45° oder kleiner, ganz besonders 30° oder kleiner. Der Öffnungswinkel der trichterförmigen Erweiterung ist beispielsweise 10° oder grösser, insbesondere 15° oder grösser, und ganz besonders 20° oder grösser.
- 15 Die Explosionskammer bildet insbesondere einen zur mindestens einen Auslassöffnung führenden Gasaufnahme kanal für das explosionsfähige Gasgemisch aus.

- Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die Explosionskammer mindestens einen im wandaussenseitigen, ersten Bauteils angeordneten Kammerabschnitt sowie mindestens einen im wandinnenseitigen, zweiten Bauteils des Explosionserzeugers angeordneten weiteren Kammerabschnitt.
- 20

- Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die Explosionskammer einen ersten Kammerabschnitt, einen an den ersten Kammerabschnitt anschliessenden zweiten Kammerabschnitt und einen dritten Kammerabschnitt Die Explosionskammer besteht insbesondere aus den genannten drei Kammerabschnitten.
- 25

- Der zweite Kammerabschnitt weist insbesondere eine trichterförmige Erweiterung auf. Der Winkel der trichterförmigen Erweiterung des zweiten Kammerabschnitts entspricht insbesondere einem im Zusammenhang mit dem zweiten Teilkörper
- 30

offenbaren Öffnungswinkel. Der dritte Kammerabschnitt ist insbesondere Teil der Auslasseinrichtung.

Der erste und zweite Kammerabschnitt ist insbesondere Bestandteil des wandaussenseitigen, ersten Bauteils. Der dritte Kammerabschnitt ist insbesondere Bestandteil des wandinnenseitigen Bauteils des Explosionserzeugers.

Der erste Kammerabschnitt ist insbesondere Bestandteil des einlassseitigen, ersten Teilkörpers und der zweite Kammerabschnitt ist insbesondere Bestandteil des wandseitigen, zweiten Teilkörpers des wandaussenseitigen, ersten Bauteils.

Der erste Kammerabschnitt bildet insbesondere die weiter unten noch beschriebene Mischzone aus.

Die mindestens eine Einlasseinrichtung und die Zündeinrichtung sind insbesondere am einlassseitigen, ersten Teilkörper angeordnet.

Die Einlassöffnung der mindestens einen Einlasseinrichtung ist insbesondere an der Einmündung (des Einleitkanals) in die Explosionskammer bzw. in den ersten Kammerabschnitt bzw. in die Mischzone der Explosionskammer angeordnet.

Die Zündeinrichtung ist insbesondere im ersten Kammerabschnitt bzw. in der Mischzone der Explosionskammer zündwirksam.

Die Zündung des explosionsfähigen Gasgemisches kann mit aus dem Stand der Technik bekannten Mitteln erfolgen. Vorzugsweise geschieht dies durch elektrisch ausgelöste Funkenzündung, durch Hilfsflammen oder durch pyrotechnische Zündung mit Hilfe von entsprechend angeordneten Zündmitteln der Zündeinrichtung. Die Zündeinrichtung ist insbesondere eine elektrische Zündeinrichtung. Diese zeichnet

- 14 -

sich dadurch aus, dass diese zur Zündung einen Zündfunken oder insbesondere einen Lichtbogen ausbildet.

Es ist auch denkbar, dass die Zündeinrichtung eine Zündkammer bzw. Vorkammer aufweist, in welcher ein Gasgemisch zur Deflagration bzw. Explosion gebracht wird. Das deflagrierende bzw. explodierende Gasgemisch löst die Explosion bzw. Detonation in der Explosionskammer aus. Die Weiterleitung der Deflagration bzw. Explosion in die Explosionskammer kann durch entsprechende strömungstechnische Mittel, wie eine Durchzündleitung, erfolgen.

10

Die Zündeinrichtung ist über eine Zündleitung mit einer nachfolgend noch beschriebenen Steuerungseinrichtung verbunden.

Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung umfasst das wandinnenseitige Bauteil einen, insbesondere einteiligen Grundkörper. Der Grundkörper umfasst insbesondere einen rohrförmigen Gasaufnahmekörper. Der rohrförmigen Gasaufnahmekörper ist insbesondere ein geradlinig verlaufendes Rohr von insbesondere rundem, wie kreisrundem Querschnitt.

20 Der rohrförmigen Gasaufnahmekörper erstreckt sich insbesondere senkrecht von der Wand in den Innenraum des Behälters bzw. der Anlage.

An einem Ende, insbesondere an seinem wandfernen Ende kann ein Auslasskörper an den rohrförmigen Gasaufnahmekörper anschliessen. Der Auslasskörper bildet die mindestens eine Auslassöffnung aus. Der Auslasskörper ist insbesondere Teil eines einteiligen Grundkörpers.

Der rohrförmige Gasaufnahmekörper kann auch ein freies, wandfernes Ende aufweisen, welches die Auslassöffnung ausbildet.

30

An seinem der Wand zugewandten Ende bildet der Grundkörper bzw. der Gasaufnahmekörper insbesondere den Befestigungsflansch aus.

Die Vorrichtung ist insbesondere zur Ausbildung einer Wolke aus explosionsfähigem Gasgemisch im Innenraum des Behälters bzw. der Anlage ausgelegt. Da die Wolkenbildung durch die Geometrie der Auslasseinrichtung beeinflusst wird, ist die Auslasseinrichtung bzw. der Auslasskörper insbesondere so ausgelegt, dass eine optimale Wolkenbildung mit möglichst wenig Durchmischung des explosionsfähigen Gasgemischs mit der umgebenden Atmosphäre erfolgt. So hat sich gezeigt, dass die Geometrie der Auslasseinrichtung einen Effekt auf die Strömungsverhältnisse beim Austritt des explosionsfähigen Gasgemischs aus der mindestens einen Auslassöffnung hat.

Ferner ist es auch vorteilhaft, wenn der durch die Explosionsdruckwelle ausgelöste und auf die Befestigung am Behälter bzw. an der Anlage wirkende Rückstoss möglichst klein gehalten werden kann.

Gemäss einer Ausführung ist der rohrförmigen Gasaufnahmekörper mit der Auslassöffnung so ausgelegt, dass die Explosionsdruckwelle und/oder das explosionsfähige Gasgemisch parallel zur Längsachse des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers durch die Auslassöffnung ausströmen.

Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung umfasst das wandinnenseitige Bauteil jedoch einen an den rohrförmigen Gasaufnahmekörper anschliessenden Auslasskörper mit der mindestens einer Auslassöffnung.

Der Auslasskörper mit der mindestens einen Auslassöffnung kann so ausgelegt sein, dass die Explosionsdruckwelle und/oder das explosionsfähige Gasgemisch im Auslasskörper aus der Längsachse des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers umgelenkt bzw. abgelenkt wird. Entsprechend verläuft die Austrittsrichtung durch die mindestens eine Auslassöffnung in einem, insbesondere spitzen Winkel zur Längsachse des

rohrförmigen Gasaufnahmekörpers. Dieser Winkel kann z. B. 10° oder mehr, 20° oder mehr, 30° oder mehr, insbesondere 45° oder mehr und ganz besonders 60° oder mehr betragen. Gemäss einer besonderen Ausführungsform beträgt der Winkel 90°. Die mindestens eine Auslassöffnung ist dabei zur Seite hin gerichtet.

5

Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung umfasst der Auslasskörper mindestens zwei und insbesondere genau zwei Auslassöffnungen. Die mindestens zwei Auslassöffnungen liegen insbesondere in einer gemeinsamen Ebene. Die Ebene ist im installierten Zustand des Explosionserzeugers insbesondere vertikal ausgerichtet.

10

Der Auslasskörper ist insbesondere spiegelsymmetrisch ausgebildet mit der (Mitte-) Längsachse des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers als Symmetrieachse. Die mindestens zwei Auslassöffnungen sind entsprechend ebenfalls spiegelsymmetrisch zueinander angeordnet mit der (Mitte-) Längsachse des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers als Symmetrieachse. Die Austrittsrichtung für die Explosionsdruckwelle bzw. das explosionsfähige Gasgemisch durch die Auslassöffnungen verläuft jeweils in einem Winkel zur Längsachse des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers. Der Winkel ist für die mindestens zwei Auslassöffnungen insbesondere identisch.

15

Die Auslasseinrichtung bzw. der Auslasskörper ist insbesondere dazu ausgelegt, im Rahmen eines Reinigungszyklus über die mindestens zwei Auslassöffnungen mindestens zwei separate Wolken aus explosionsfähigem Gasgemisch gleichzeitig auszubilden.

Die Volumina dieser Wolken sind bei gleichbleibendem Gesamtvolumina an erzeugtem explosionsfähigem Gasgemisch entsprechend kleiner dimensioniert. Die Wolken können z. B. ein Volumen von 110 Liter oder kleiner, von 50 Liter oder kleiner und insbesondere von 40 Liter oder kleiner, von 20 Liter oder kleiner oder von 10 Liter oder kleiner aufweisen. Die Wolken können z. B. ein Volumen von 1 Liter oder

20

25

grösser, von 10 Liter oder grösser und insbesondere von 20 Liter oder grösser aufweisen.

5 Kleinere Wolken weisen den Vorteil auf, dass die Verluste durch Entmischung in den Randzonen, insbesondere bei starker Strömung in der Umgebungsatmosphäre kleiner sind, so dass trotz geringerer Grösse der Wolke eine vergleichsweise hohe Explosionskraft erzielt wird. Ferner ist Bildungszeit kleinerer Wolken kürzer. Dadurch ist einerseits die Gefahr der Selbstzündung bei hohen Temperaturen geringer. Andererseits sind kurze Wolkenbildungszeiten vorteilhaft bei gepulsten Explosionen.

10

Die Erzeugung mehrerer kleinerer Wolken hat ferner auch den Vorteil, dass der Explosionserzeuger kleiner ausgebildet werden kann.

15 Wird übrigens das in einem Reinigungszyklus erzeugte explosionsfähige Gasgemisch aufgrund einer Störung nicht gesteuert gezündet, so wird die nicht zur Explosion gebrachte Wolke entweder mit der Umgebungsatmosphäre durchmischt oder durch die Hitze im Verbrennungskessel lediglich abgebrannt.

20 Gemäss einer Ausführungsform ist die Auslasseinrichtung T-förmig ausgebildet. Diese umfasst den rohrförmigen Gasaufnahmekörper und zwei jeweils in einem Winkel von 90° zur Längsachse des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers von diesem abzweigende, rohrförmige Auslassleitungen des Auslasskörpers. Die Auslassleitungen bilden eine entsprechende Biegung bzw. Rohrbogen aus.

25 Der Auslasskörper bildet hierdurch zwei jeweils zu einer Seite hin gerichtete Auslassöffnungen aus. Gemäss dieser Ausführungsform teilt sich der Gasstrom im Auslasskörper und jeder Teilstrom wird jeweils um 90° zur Seite hin abgelenkt. Die T-förmige Ausbildung der Auslasseinrichtung weist den Vorteil auf, dass sich die Rückstosskräfte dank den einander gegenüber liegenden Auslassöffnungen gegen-
30 seitig aufheben.

Gemäss einer weiteren Ausführungsform umfasst die Auslasseinrichtung einen Auslasskörper mit zwei rohrförmigen Auslassleitungen, welche ausgehend von einer Verzweigung seitlich schräg wegführen und gegenseitig einem spitzen Winkel von 90° oder kleiner einschliessen, und so insbesondere eine V-förmige Anordnung ausbilden. Die beiden Auslassleitungen sind insbesondere um eine Mittelängsachse spiegelsymmetrisch angeordnet. Entsprechend bildet der Auslasskörper zwei jeweils seitlich schräg gerichtete Auslassöffnungen aus. Gemäss dieser Ausführungsform teilt sich der Gasstrom im Auslasskörper und wird jeweils in einen spitzen Winkel zur Seite hin abgelenkt.

Gemäss einer besonderen Weiterbildung dieser Ausführungsform ist die Auslasseinrichtung Y-förmig ausgebildet und umfasst einen rohrförmigen Gasaufnahmekörper und zwei jeweils in einem spitzen Winkel von kleiner 90° zur Längsachse des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers von diesem an einer Verzweigung abzweigende, rohrförmige Auslassleitungen des Auslasskörpers.

Eine solche Auslasseinrichtung weist unter anderem den Vorteil auf, dass sich die Rückstosskräfte teilweise aufheben.

Gemäss einer besonderen Variante verläuft die Öffnungsebene der Auslassöffnungen insbesondere parallel zur Mittelängsachse bzw. zur Längsachse des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers. Eine solche Geometrie wirkt sich positiv auf die Strömungsverhältnisse im Bereich der Auslassöffnung aus.

Der Aussendurchmesser des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers kann z. B. 5 cm oder grösser, 10 cm oder grösser und insbesondere 15 cm oder grösser sein. Der Aussendurchmesser des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers kann z. B. 30 cm oder kleiner und insbesondere 25 cm oder kleiner sein.

- 19 -

Der Gasaufnahmekörper kann eine Länge von 250 cm oder weniger, 150 cm oder weniger, 100 cm oder weniger, 50 cm oder weniger oder 20 cm oder weniger aufweisen.

- 5 Der Gasaufnahmekörper kann eine Länge von 10 cm oder mehr, 20 cm oder mehr, 50 cm oder mehr, 100 cm oder mehr oder 150 cm oder mehr aufweisen.

- Die Gesamtlänge der Auslasseinrichtung kann 300 cm oder weniger, 250 cm oder weniger, 200 cm oder weniger, 150 cm oder weniger, oder 100 cm oder weniger
10 betragen.

Die Gesamtlänge der Auslasseinrichtung kann 50 cm oder mehr, 100 cm oder mehr, 150 cm oder mehr, oder 200 cm oder mehr betragen.

- 15 Die mindestens eine Einlasseinrichtung umfasst zum gesteuerten Einlass des gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer insbesondere eine Einlassarmatur. Die Einlassarmatur ist bzw. umfasst insbesondere ein Einlassventil. Das Einlassventil kann ein Magnetventil oder ein pneumatisches Ventil sein. Beide Ventile zeichnen sich durch kurze Schaltzeiten aus.

20

Die Einlassarmatur ist insbesondere eine Dosierarmatur für den dosierten Einlass des gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer.

- Die mindestens eine Einlassarmatur ist insbesondere am Grundkörper bzw. am ersten
25 Teilkörper des wandaussenseitigen, ersten Bauteils des Explosionserzeugers angeordnet bzw. angebracht.

- Der Explosionserzeuger bzw. das wandaussenseitige, erste Bauteil des Explosions-
erzeugers bzw. dessen Grundkörper bildet insbesondere eine einlassseitige physische
30 Schnittstelle mit mindestens einer Zufuhröffnung zum Anschliessen der Einlass-

armatur der mindestens einen Einlasseinrichtung aus. Die einlassseitige physische Schnittstelle kann z. B. als Grundkörper-Anschlussplatte ausgebildet sein, in welcher die mindestens eine Zufuhröffnung angeordnet ist.

- 5 Die mindestens eine Einlassarmatur kann über eine Armaturen-Anschlussplatte, z. B. mittels Schraubverbindungen, mit dem Grundkörper bzw. mit dessen Grundkörper-Anschlussplatte verbunden sein.

- 10 Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die mindestens eine Einlass-einrichtung eine Rückschlagsicherung. Die Rückschlagsicherung soll verhindern, dass sich die Explosionsdruckwelle stromaufwärts durch die Einleitkanäle bzw. Zufuhr-leitungen in Richtung Speicherbehälter bewegt. Ferner soll die Rückschlagsicherung insbesondere auch die Einlassarmatur bzw. die empfindlichen Teile der Einlass-armatur vor der Explosionsdruckwelle schützen.

- 15 Die Rückschlagsicherung verschliesst also die Zufuhrleitung bzw. den Einleitkanal bei Auftreten eines stromaufwärts gerichteten Druckkraft, wie sie beispielsweise bei einer stromaufwärts gerichteten Gasströmung oder bei einer Explosionsdruckwelle auftritt.

- 20 Die Rückschlagsicherung kann als Rückschlagventil ausgebildet sein. Die Rück-schlagsicherung kann Teil der Einlassarmatur sein. Die Rückschlagsicherung ist insbesondere stromabwärts vom Einlassventil angeordnet. Die Rückschlagsicherung kann aber auch unabhängig von der Einlassarmatur ausgebildet sein und z. B. stromabwärts von der Einlassarmatur angeordnet sein.

- 25 Die Einlassöffnung der mindestens einen Einlasseinrichtung ist der Einlassarmatur und gegebenenfalls der Rückschlagsicherung insbesondere nachgeordnet. Die Einlassöffnung definiert insbesondere den Einlassquerschnitt für den gasförmige Stoff in die Explosionskammer.

- 30

Das aus dem mindestens einen gasförmigen Stoff gebildete, explosionsfähige Gasgemisch enthält insbesondere einen Brennstoff sowie ein Oxidationsmittel, wie z. B. (gasförmiger) Sauerstoff.

- 5 Der Brennstoff kann flüssig oder gasförmig sein. Dieser kann z. B. aus der Gruppe der brennbaren Kohlenwasserstoffe, wie Acetylen, Ethylen, Methan, Aethan, Propan, Benzin, Diesel, Öl, etc. sein. Der Brennstoff ist jedoch bevorzugt ein Gas, wie Acetylen, Ethylen, Methan, Aethan oder Propan und ganz besonders Erdgas.

- 10 Gemäss einer ersten Variante kann das explosionsfähige Gasgemisch aus einem in die Explosionskammer geleiteten gasförmigen Stoff gebildet werden. Das heisst, der eingeleitete gasförmige Stoff bildet bereits das explosionsfähige Gasgemisch aus.

- Gemäss einer zweiten, bevorzugten Variante wird das explosionsfähige Gasgemisch
15 aus mindestens zwei, insbesondere aus genau zwei, separat in die Explosionskammer eingeleiteten, gasförmigen Stoffe, auch Komponenten genannt, ausgebildet. Die mindestens zwei gasförmigen Stoffe werden in einer Mischzone der Explosionskammer miteinander zum explosionsfähigen Gasgemisch vermischt.

- 20 Gasförmiger Stoff bedeutet, dass dieser bei der Ausbildung des explosionsfähigen Gasgemischs in der Explosionskammer und insbesondere bereits bei der Einleitung in die Explosionskammer gasförmig vorliegt. Der mindestens eine gasförmige Stoff, auch Ausgangsstoff bzw. -komponente genannt, kann jedoch in Speicherbehälter unter Druck auch in Flüssigform vorliegen. Der mindestens eine gasförmige Stoff,
25 insbesondere ein Brennstoff, kann insbesondere auch eine schnell verdampfende Flüssigkeit sein.

So ist z. B. ein erster gasförmiger Stoff ein Oxidationsmittel und ein zweiter gasförmiger Stoff ein Brennstoff.

- 22 -

Der erste gasförmige Stoff ist z. B. (reiner) Sauerstoff oder ein sauerstoffhaltiges Gas, wie z. B. Luft. Da mittels der Vorrichtung insbesondere eine Explosion durch eine Detonation des explosionsfähigen Gasgemischs erzeugt werden soll, ist das Oxidationsmittel insbesondere (reiner) Sauerstoff. Der zweite gasförmige Stoff ist insbesondere ein oben genannter Brennstoff.

So enthält die Vorrichtung gemäss der ersten Variante mindestens zwei, und im Besonderen genau zwei Einlasseinrichtungen zum Einlassen jeweils mindestens eines ersten und zweiten und im Besonderen genau eines ersten und zweiten gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer zur Erzeugung des explosionsfähigen Gasgemischs in der Explosionskammer. Die Explosionskammer bildet dabei eine Mischzone zum Mischen des explosionsfähigen Gasgemischs aus den mindestens zwei gasförmigen Stoffen aus.

So ist insbesondere eine erste Einlasseinrichtung zum Einlassen des Oxidationsmittels und eine zweite Einlasseinrichtung zum Einlassen des Brennstoffes vorgesehen.

Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung weisen eine erste und zweite Einlassöffnung der mindestens zwei Einlasseinrichtungen einen unterschiedlichen Einlassquerschnitt auf. Die Einlassöffnungen wirken hierbei insbesondere als Blenden, welche den Volumenstrom des in die Explosionskammer einströmenden gasförmigen Stoffes begrenzen.

Die Grösse der Einlassquerschnitte der ersten und zweiten Einlassöffnung ist insbesondere so gewählt, dass der erste und zweite gasförmige Stoff im stöchiometrischen Verhältnis in die Explosionskammer einströmen.

So ist insbesondere der Einlassquerschnitt der Einlassöffnung der ersten Einlasseinrichtung, mittels welcher das Oxidationsmittel in die Explosionskammer eingelassen wird, grösser als der Einlassquerschnitt der Einlassöffnung der zweiten

- 23 -

Einlasseinrichtung, mittels welcher der Brennstoff in die Explosionskammer eingelassen wird

Gemäss einer besonderen Weiterbildung der Erfindung sind die mindestens zwei
5 Einlasseinrichtungen so ausgebildet bzw. sind die Einlassöffnungen der mindestens zwei Einlasseinrichtungen so angeordnet, dass der mindestens eine erste und zweite gasförmige Stoff in einem Winkel, insbesondere in einem rechten Winkel zueinander in die Explosionskammer strömen.

10 Eine Einlasseinrichtung, insbesondere die erste Einlasseinrichtung, ist mit ihrer Einlassöffnung insbesondere so angeordnet bzw. ausgebildet, dass der gasförmige Stoff, insbesondere das gasförmige Oxidationsmittel, mit einer zur Auslassöffnung gerichteten Strömungskomponente in die Explosionskammer strömt bzw. stirnseitig in den durch die Explosionskammer ausgebildeten Gasaufnahmekanal einströmt.

15 Eine Einlasseinrichtung, insbesondere die zweite Einlasseinrichtung, ist mit ihrer Einlassöffnung insbesondere so angeordnet bzw. ausgebildet, dass der gasförmige Stoff, insbesondere der gasförmige Brennstoff seitlich bzw. quer in den Gasaufnahmekanal einströmt.

20 Die mindestens eine Einlasseinrichtung weist insbesondere einen Einleitkanal zum Einleiten des gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer auf. Der Einleitkanal verläuft insbesondere im Grundkörper des ersten Bauteils. Der Einleitkanal beginnt insbesondere an der Zufuhröffnung im Grundkörper. Der Einleitkanal endet
25 insbesondere an der Einlassöffnung am Ende des Einleitkanals bei der Einmündung in die Explosionskammer.

Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung weist eine erste Einlasseinrichtung einen ersten Einleitkanal zum Einleiten eines ersten gasförmigen Stoffes und eine zweite
30 Einlasseinrichtung einen zweiten Einleitkanal zum Einleiten eines zweiten

- 24 -

gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer auf. Die jeweils in die Einlassöffnung mündenden Endabschnitte der Einleitkanäle sind insbesondere in einem Winkel, insbesondere in einem rechten Winkel zueinander angeordnet.

- 5 Der in die Einlassöffnung mündende Endabschnitt eines Einleitkanals, insbesondere des ersten Einleitkanals weist insbesondere eine zur Auslassöffnung hin gerichtete Richtungskomponente auf.

- 10 Die Einspeisung des einen gasförmigen Stoffes, insbesondere des Brennstoffes nach dem Querstromprinzip sorgt für eine gute Vermischung der in die Explosionskammer eingeleiteten gasförmigen Stoffe zu einem explosionsfähigen Gasgemisch. Die gute Vermischung rührt insbesondere von turbulenten Vorgängen her, welche bei einem Quereinströmen des einen gasförmigen Stoffes hervorgerufen werden.

- 15 Gemäss dem zweiten Erfindungsaspekt weist die Vorrichtung mindestens eine Sensoreinrichtung mit einem Drucksensor zum Messen eines (Gas-) Drucks in einem gasführenden Teil der Vorrichtung auf.

- 20 Die Aufgabe gemäss dem zweiten Erfindungsaspekt wird nun dadurch gelöst, dass die Sensoreinrichtung eine, den Drucksensor mit dem gasführenden Teil der Vorrichtung verbindende Druckübertragungsleitung enthält, wobei mindestens ein Leitungsabschnitt der Druckübertragungsleitung flexibel und insbesondere biegsam ausgebildet ist. Der flexible Leitungsabschnitt dient dabei insbesondere als Körperschall-

25

Der Drucksensor ist also nicht direkt beim bzw. am gasführenden Teil der Vorrichtung angeordnet, sondern über die Druckübertragungsleitung von diesem beabstandet. Die Druckübertragungsleitung ist insbesondere ein längliches Leitungselement, welches seitlich vom gasführenden Teil der Vorrichtung absteht.

30

- 25 -

Die Druckübertragungsleitung ist insbesondere ein länglicher Hohlkörper. Die Druckübertragungsleitung kann einen oder mehrere als Rohr ausgebildete starre Leitungsabschnitte aufweisen.

5 Die Druckübertragungsleitung ist insbesondere aus Metall.

Der im Zusammenhang mit dem zweiten Erfindungsaspekt erfindungswesentliche, mindestens eine flexible Leitungsabschnitt der Druckübertragungsleitung ist insbesondere als Schlauch ausgebildet. Der Schlauch ist zwar biegsam, aber
10 insbesondere auch selbsttragend, d.h. eigenstabil.

Der mindestens eine flexible Leitungsabschnitt ist insbesondere aus Metall, wie Edelstahl, ausgebildet. Der mindestens eine flexible Leitungsabschnitt umfasst insbesondere einen flexiblen Wellschlauch.

15

Gemäss einer Weiterbildung des mindestens einen flexiblen Leitungsabschnitts ist dieser mehrschichtig aufgebaut. Der mehrschichtige, flexiblen Leitungsabschnitt enthält insbesondere einen innen liegenden Schlauch und einen, den innen liegenden Schlauch umgebenden, aussen liegenden Schlauch.

20

Der innen liegende Schlauch ist insbesondere aus Metall. Der innenliegende Schlauch ist insbesondere ein Wellschlauch. Der innen liegende Schlauch kann aber auch aus Kunststoff sein, wie z. B. aus einem Polytetrafluorethylen (PTFE).

25 Der aussen liegende Schlauch ist insbesondere aus Metall. Der aussen liegende Schlauch ist insbesondere ein Flechtschlauch.

Gemäss einer besonderen Ausführung enthält der mehrschichtige, flexible Leitungsabschnitt einen innen liegenden Wellschlauch aus Metall und einen, den
30 Wellschlauch umgebenden, aussen liegenden Flechtschlauch aus Metall.

- 26 -

Der Drucksensor ist insbesondere am freien Ende der Druckübertragungsleitung angeordnet. Der Drucksensor kann insbesondere über eine Schraubverbindung an der Druckübertragungsleitung angeschraubt sein. Die Druckübertragungsleitung kann
5 ihrerseits über eine Schraubverbindung an einem entsprechenden Anschluss am Explosionserzeuger angeschraubt sein.

Die Druckübertragungsleitung kann eine Blende enthalten. Die Blende kann z. B. dazu dienen, den Drucksensor vor der Explosionshitze abzuschirmen. Die Blende kann auch
10 dazu dienen die bei der Explosion erzeugten Druckstöße in der Druckübertragungsleitung abzuschwächen.

Der Drucksensor ist insbesondere ein Drucktransmitter bzw. Druckmessumformer, wie er aus dem Stand der Technik bekannt ist und z. B. durch die Firma Trafag AG
15 vertrieben wird.

Der Drucktransmitter umfasst insbesondere einen Druckaufnehmer, der über ein physikalisches Prinzip Druck oder eine Druckveränderung in ein elektrisches Signal umwandelt. Ferner umfasst der Drucktransmitter insbesondere eine Messumformer-
20 Elektronik, die das Sensor-Signal aufbereitet und zu einem standardisierten elektrischen Ausgangssignal umwandelt. Das Ausgangssignal wird an einem elektrischen Anschluss bereitgestellt. Der Druck auf den Drucknehmer wird über die Druckübertragungsleitung aufgebracht. Druckaufnehmer und Elektronik sind insbesondere in einem Gehäuse untergebracht, welches diese empfindlichen
25 Komponenten vor Umwelteinflüssen schützt und mit dem elektrischen Anschluss sowie mit der Druckübertragungsleitung verbindet.

Der Einsatz einer Druckübertragungsleitung, welche zumindest abschnittsweise flexibel und insbesondere als Schlauch ausgebildet ist, bewirkt eine Dämpfung des
30 Körperschalls bzw. der Vibrationen, welche durch die Explosion des explosions-

fähigen Gasgemischs in der Explosionskammer ausgelöst werden. So wird der Körperschall bzw. werden die Vibrationen zu einem grossen Teil vom flexiblen Leitungsabschnitt der Druckübertragungsleitung absorbiert.

- 5 Der gasführende Teil der Vorrichtung kann z. B. die Rückschlagsicherung bzw. die Einlassarmatur, in welcher die Rückschlagsicherung integriert ist, umfassen. Die Druckübertragungsleitung ist mit der Rückschlagsicherung bzw. der Einlassarmatur verbunden, derart dass mittels Drucksensor der Gasdruck in einem gasführenden Bereich der Rückschlagsicherung bzw. der Einlassarmatur gemessen werden kann.
- 10 Der Drucksensor dient in diesem Fall beispielweise der Überwachung der Rückschlagsicherung. So lässt sich aus den ermittelten Druckmesswerten z. B. ableiten, ob die Rückschlagsicherung einwandfrei funktioniert oder nicht.

- Der gasführende Teil der Vorrichtung kann die Explosionskammer der Vorrichtung
- 15 sein. Die Druckübertragungsleitung ist mit der Explosionskammer so verbunden, dass mittels Drucksensor der Gasdruck in der Explosionskammer gemessen werden kann. Der Drucksensor dient in diesem Fall beispielweise der Überwachung der Zündung im Gasaufnahme-raum durch die Zündeinrichtung. So lässt sich aus den ermittelten Druckmesswerten z. B. ableiten, ob in der Explosionskammer während eines
- 20 Reinigungszyklus eine Explosion und somit eine Zündung des gasförmigen, explosionsfähigen Gasgemischs stattgefunden hat oder nicht. Der Drucksensor dient hier der Zündüberwachung.

- Die Sensoreinrichtung gemäss dem zweiten Erfindungsaspekt ist beispielsweise
- 25 einsetzbar in einer Vorrichtung bzw. einem dazugehörigen Explosionserzeuger wie weiter oben beschrieben. Die obengenannte Sensoreinrichtung ist insbesondere einsetzbar in einer Vorrichtung bzw. einem dazugehörigen Explosionserzeuger gemäss dem ersten Erfindungsaspekt.

- 28 -

Die Sensoreinrichtung gemäss dem zweiten Erfindungsaspekt ist jedoch ganz allgemein anwendbar auf Vorrichtungen zur Reinigung von Innenräumen von Behältern oder Anlagen mittels Explosionstechnologie, mittels welchen insbesondere ein explosionsfähiges Gasgemisch zur Explosion oder Deflagration gebracht wird. So
5 ist die Sensoreinrichtung gemäss dem zweiten Erfindungsaspekt auch anwendbar auf Druckwellengeneratoren mit einem Verschlusselement, wie Verschlusskolben, wie er beispielsweise in der WO2019185736 A1 beschrieben ist.

Ferner findet die Sensoreinrichtung gemäss dem zweiten Erfindungsaspekt auch
10 Anwendung in mobilen Reinigungsvorrichtungen, wie sie beispielsweise in der WO 2014/121409 oder der WO 2015/120563 beschrieben sind. Diese Systeme zeichnen sich durch eine Reinigungslanze und gegebenenfalls auch durch eine an der Reinigungslanze angebrachte Behälterhülle aus, welche mit dem explosionsfähigen Gasgemisch befüllt wird.

15 Die Vorrichtung umfasst ferner insbesondere mindestens einen Speicherbehälter zur Speicherung des mindestens einen Ausgangsstoffs. Der Begriff Ausgangsstoff wird an dieser Stelle verwendet, da der mindestens eine in den Explosionserzeuger eingeleitete gasförmige Stoff im Speicherbehälter nicht gasförmig vorliegen muss. So ist der
20 Speicherbehälter insbesondere ein Druckbehälter, in welchem der Ausgangsstoff unter Druck in flüssiger Form vorliegt.

Der Speicherbehälter ist über eine Zufuhrleitung mit der mindestens einen Einlasseinrichtung des Explosionserzeugers zwecks Einleiten des mindestens einen
25 Ausgangsstoff bzw. gasförmigen Stoffes aus dem mindestens einen Speicherbehälter in die Explosionskammer des Explosionserzeugers verbunden.

Der mindestens eine Speicherbehälter kann, insbesondere zusammen mit einer Steuerungseinrichtung, Teil einer Dosiereinheit zum dosierten Einlassen des
30 mindestens einen gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer sein. Die Dosier-

einheit ist im installierten Zustand insbesondere in der Nähe und ganz besondere unmittelbar beim Explosionserzeuger z. B. aussenseitig an der Wand des Behälters bzw. der Anlage angeordnet.

- 5 Die mindestens eine Zufuhrleitung ist insbesondere flexibel und ganz besonders als Schlauch ausgebildet. Die mindestens eine Zufuhrleitung kann mehrschichtig aufgebaut sein und zum Beispiel einen innen liegenden gasdichten ersten und einen, den innen liegenden, gasdichten Schlauch umgebenden aussen liegenden zweiten Schutzschlauch umfassen oder daraus bestehen. Der aussen liegende Schlauch ist
10 insbesondere ein Schutzschlauch.

Der innen liegende Schlauch kann aus Kunststoff, wie PTFE, oder aus Metall bestehen und z. B. ein Wellschlauch sein. Der aussen liegende Schlauch kann ein Flechtschlauch, insbesondere aus Metall sein.

- 15 Wird in einer Mischzone der Explosionskammer das explosionsfähige Gasgemisch aus mindestens zwei bzw. aus zwei gasförmigen Stoffen hergestellt, so enthält die Vorrichtung mindestens einen ersten Speicherbehälter mit einer ersten Zufuhrleitung für den ersten gasförmigen Stoff und einen zweiten Speicherbehälter mit einer zweiten
20 Zufuhrleitung für den zweiten gasförmigen Stoff zum jeweiligen Einleiten des mindestens ersten und zweiten gasförmigen Stoffes über die Zufuhrleitungen in die Explosionskammer.

- Die Speicherbehälter können als Dosierbehälter ausgebildet sein, welche jeweils die
25 für einen Reinigungszyklus notwendige Menge an Ausgangsstoff enthalten.

- Der mindestens eine Speicherbehälter kann wiederum mit einem Gaslager verbunden sein, aus welchem der mindestens eine Speicherbehälter z. B. aus Gasflaschen mit dem Ausgangsstoff versorgt wird. Die Speicherbehälter weisen also eine wesentlich
30 kleinere Speicherkapazität auf als die jeweiligen Gasflaschen im Gaslager.

Eine zwischen dem Explosionserzeuger und dem Gaslager angeordnete Dosiereinheit weist drei wesentliche Vorteile auf:

- 5 1. Die Speicherung der Ausgangsstoffe im Gaslager kann an einem gesicherten Ort und in Distanz zum operativen Betrieb des Explosionserzeugers erfolgen. In dem mindestens einen Speicherbehälter der Dosiereinheit wird nur die für einen oder ein paar wenige Reinigungszyklen notwendige Menge an Ausgangsstoff (zwischen-)gespeichert. Dadurch wird insgesamt die Sicherheit erhöht.
- 10 2. Da der mindestens eine Speicherbehälter der Dosiereinheit nur die für einen oder ein paar wenige Reinigungszyklen notwendige Menge an Ausgangsstoff aufnehmen, ist dessen Grösse vergleichsweise klein. Dies erlaubt die Platzierung der Dosiereinheit in der Nähe oder unmittelbar beim Explosionserzeuger auch bei engen Platzverhältnissen.
- 15 3. Der mindestens eine Ausgangsstoff kann über eine kurze Zufuhrleitung vom mindestens einen Speicherbehälter der Dosiereinheit in die Explosionskammer des Explosionserzeugers eingeleitet werden. Die kurze Zufuhrleitung erlaubt ein schnelles Einleiten des mindestens einen Ausgangsstoffs in die Explosionskammer unter geringem Druckverlust. Dies ermöglicht einen gepulsten Betrieb
- 20 des Explosionserzeugers.

Gemäss einer bevorzugten Ausführung ist die Vorrichtung zum Einleiten von explosionsfähigem Gasgemisches in den Innenraum des Behälters oder der Anlage und zur Ausbildung einer Wolke aus dem explosionsfähigen Gasgemisch im Innenraum

25 des Behälters oder der Anlage ausgelegt.

Das heisst, ein Teil des im Rahmen eines Reinigungszyklus bereitgestellten explosionsfähigen Gasgemisches wird über die Auslassöffnung des Explosionserzeugers in den Innenraum des Behälters oder Anlage eingeleitet. Dabei wird im

Innenraum die Wolke aus dem explosionsfähigen Gasgemisch gebildet. Diese Wolke wird durch Zünden des explosionsfähigen Gasgemischs in der Explosionskammer zur Explosion gebracht.

- 5 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 Die Vorrichtung enthält insbesondere auch eine Steuerungseinrichtung. Die Steuerungseinrichtung dient unter anderem insbesondere der Steuerung der Zündeinrichtung. Die Steuerungseinrichtung dient ferner insbesondere der Steuerung der mindestens einen Einlassarmatur zur Einleitung des mindestens einen gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer. Die Steuerungseinrichtung ist insbesondere für die
- 15 dosierte Einleitung des mindestens einen, insbesondere der mindestens zwei gasförmigen Stoffe ausgelegt, damit diese z. B. in einem stöchiometrischen Verhältnis in die Explosionskammer eingelassen werden. Die Steuerungseinrichtung dient folglich der Erzeugung des explosionsfähigen Gasgemisches, und insbesondere auch zur Bildung der Wolke. Die Steuerung der mindestens einen Einlassarmatur sowie der
- 20 Zündeinrichtung sind steuerungstechnisch aufeinander abgestimmt.

Die Erfindung betrifft nun auch ein Verfahren zum Entfernen von Ablagerungen in Innenräumen von Behältern und Anlagen mittels Explosionstechnologie unter Verwendung einer oben beschriebenen Vorrichtung. Das Verfahren enthält die

25 folgenden Schritte:

- Einleiten mindestens eines gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer;
- Bereitstellen eines explosionsfähigen Gasgemischs aus dem mindestens einen gasförmigen Stoff in der Explosionskammer;

- 32 -

- gesteuertes Zünden des explosionsfähigen Gasgemisches in der Explosionskammer mittels der Zündeinrichtung, wobei das explosionsfähige Gasgemisch zur Explosion gebracht wird.

- 5 Der mindestens eine gasförmige Stoff wird insbesondere über eine Zufuhrleitung aus einem Speicherbehälter in den Explosionserzeuger geleitet.

- Die mindestens eine Auslassöffnung ist während der Einleitung des mindestens einen gasförmigen Stoffes sowie während der Zündung und Explosion des explosions-
- 10 fähigen Gasgemisches insbesondere nach aussen offen.

- Bevorzugt strömt ein Teil des in der Explosionskammer bereitgestellten explosionsfähigen Gasgemischs über die mindestens eine Auslassöffnung in den Innenraum des Behälters oder Anlage, wobei im Innenraum eine Wolke aus dem explosionsfähigen
- 15 Gasgemisch ausgebildet wird.

- Das aus dem explosionsfähigen Gasgemisch in der Explosionskammer und gegebenenfalls der Wolke bestehende Gesamtvolumen aus explosionsfähigem Gasgemisch wird insbesondere in einem Zeitraum von 1 Sekunde oder weniger, bevorzugt von 0.5
- 20 Sekunden oder weniger, insbesondere von 0.1 Sekunden oder weniger in der Explosionskammer bereitgestellt bzw. erzeugt und gesteuert zur Explosion gebracht wird. Als optimal hat sich ein Zeitraum von 0.01 bis 0.2 Sekunden herausgestellt.

- Der genannte Zeitraum umfasst insbesondere das Einleiten des mindestens einen gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer und das Zünden des explosionsfähigen Gasgemischs in der Explosionskammer durch die Zündeinrichtung.
- 25

- Der besagte Zeitraum berechnet sich insbesondere vom Öffnen der Einlassarmatur(en) zum Einleiten des mindestens einen gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer bis
- 30 zum Schliessen der Einlassarmatur(en) zwecks Beendigung der Einleitung und

Zünden des explosionsfähigen Gasgemischs. Die Zündung und folglich die Explosion des explosionsfähigen Gasgemisches ist steuerungstechnisch insbesondere auf den Zeitpunkt der Schliessung der Einlassarmatur(en) abgestimmt. Die Zündung erfolgt insbesondere unmittelbar auf die Schliessung der Dosierarmaturen. Die Zündung weist
5 insbesondere höchstens eine sehr kurze Verzögerung auf.

Die sehr kurzen Zykluszeiten ermöglichen die Erzeugung von gepulsten Explosionen. Gepulste Explosionen heisst, dass in kurzen Zeitabständen hintereinander eine Mehrzahl von Explosionen erzeugt werden.

10

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

15

Gemäss einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung werden mindestens zwei, insbesondere genau zwei gasförmige Stoffe in die Explosionskammer des Explosionserzeuger eingeleitet. Die mindestens zwei gasförmigen Stoffe werden in einer Mischzone der Explosionskammer zum explosionsfähigen Gasgemisch vermischt.

20

Die mindestens zwei gasförmigen Stoffe werden jeweils aus einem Speicherbehälter über jeweils wenigstens eine Einlassarmatur separat, insbesondere im stöchiometrischen Verhältnis zueinander in die Explosionskammer eingeleitet.

25 Das explosionsfähige Gasgemisch wird insbesondere in der Mischzone durch die Zündeinrichtung gesteuert gezündet. Die in der Explosionskammer eingeleitete Explosion wird insbesondere auf die Wolke aus explosionsfähigem Gasgemisch ausserhalb des Explosionserzeugers übertragen.

Während der Einleitung des mindestens einen gasförmigen Stoffes bis zur Zündung des explosionsfähigen Gasgemischs in der Explosionskammer wird in der Explosionskammer insbesondere ein maximaler Gasüberdruck von 100 kPa (1 bar), insbesondere von 50 kPa (0.5 bar), ganz besonders von 20 kPa (0.2 bar) aufgebaut.

5

Der Überdruck entspricht der Druckdifferenz zwischen dem tatsächlichen Druck und dem (atmosphärischen) Umgebungsdruck. Die Zündung des explosionsfähigen Gasgemischs geschieht insbesondere in die vorgenannten Überdruckverhältnisse hinein.

10

Die genannten Überdrücke sind im Vergleich zu den in den geschlossenen Abbrennkammern herkömmlicher Druckwellengeneratoren aufgebauten Überdrücken vergleichsweise klein. Dies rührt daher, weil die Auslassöffnung während des gesamten Reinigungszyklus offen bleibt.

15

Dies scheint auf den ersten Blick von Nachteil zu sein, weil der Ausgangsdruck als Multiplikator in die Berechnung des zu erwartenden Explosionsdruckes einfließt. So beträgt der Explosionsdruck jeweils ein Vielfaches des Ausgangsdruckes des explosionsfähigen Gasgemischs vor der Explosion. Der Explosionsdruck kann beispielsweise das 25-fache des Ausgangsdrucks betragen. Weist nun das explosionsfähige Gasgemisch einen Überdruck auf, so verstärkt sich auch der Explosionsdruck um das entsprechende Vielfache. Entsprechend ist der Explosionsdruck und somit der Reinigungseffekt sehr viel höher, wenn das zur Zündung gebrachte explosionsfähige Gasgemisch im Reinigungsgerät einen Überdruck aufweist.

25

Daher ist es auch das Ziel von herkömmlichen Druckwellengeneratoren einen möglichst hohen Ausgangsdruck in einer geschlossenen Abbrennkammer aufzubauen, welcher bei der Zündung zu einer entsprechend starken Druckwelle führt, deren Druck ein Vielfaches des Ausgangsdruckes erreicht. Da die herkömmlichen Druckwellengeneratoren bewegliche Teile, wie Verschlusskolben, enthalten, ist allerdings eine

30

Detonation des explosionsfähigen Gasgemischs unerwünscht. Andernfalls ist eine Beschädigung bzw. ein starker Verschleiss bei den beweglichen Teilen zu erwarten.

- Da beim Druckwellengenerator die Explosion bzw. Detonation innerhalb der bei der
- 5 Zündung verschlossenen Explosionskammer stattfindet, wird der Reinigungseffekt beim Explosionsgenerator nicht durch die Explosion bzw. Detonation selbst, sondern durch die aus dieser hervorgehenden Druckwelle erzeugt. Allerdings weisen Druckwellengeneratoren mit Verschlussystem Ausströmverluste auf, so dass die mit erfindungsgemässer Vorrichtung ohne Ausströmverluste erzeugten Druckwellen trotz
- 10 viel tieferem Ausgangsdruck gleich stark oder sogar stärker sind. Gemäss der erfindungsgemässen Vorrichtung trägt ferner auch die durch die offene Auslassöffnung wirkende Explosion bzw. Detonation bzw. die Explosion bzw. Detonation der Wolke direkt zum Reinigungseffekt bei.
- 15 Mit dem erfindungsgemässen Verfahren wird die Explosion des explosionsfähigen Gasgemischs dahingegen bevorzugt durch eine Detonation des explosionsfähigen Gasgemischs ausgelöst, welche sich in Überschallgeschwindigkeit und an einen Verdichtungsstoss (Shock Wave) gekoppelt ausbreitet.
- 20 Mit einer durch eine Detonation ausgelösten Explosion wird trotz vergleichsweise niedrigem Ausgangsdruck ein hoher Reinigungseffekt erzielt. Da der Explosionserzeuger im Bereich der Explosionskammer keine beweglichen Teile aufweist, ist dieser auch beständig gegenüber Detonationen.
- 25 Gemäss einer Variante der Erfindung ist die Wolke aus explosionsfähigem Gasgemisch zum Zeitpunkt der Zündung noch nicht ausgebildet bzw. noch nicht vollständig ausgebildet. So kann die mit der Zündung des explosionsfähigen Gasgemisches in der Explosionskammer, insbesondere in der Mischzone, sich in Richtung der mindestens einen Auslassöffnung ausbreitende bzw. bewegende Explosionsdruckwelle den
- 30 Ausstoss von explosionsfähigem Gasgemisch durch die mindestens eine Auslass-

- 36 -

öffnung bewirken, so dass eine Wolke aus explosionsfähigem Gasgemisch ausgebildet oder fertig ausgebildet wird.

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

Die Menge des in einem Reinigungszyklus bereitgestelltem explosionsfähigem
Gasgemisch ist so gewählt, dass eine optimaler Reinigungseffekt erzielt wird, ohne
10 dass jedoch Schäden an Installationen entstehen. So werden im erfindungsgemässen
Explosionserzeuger pro Reinigungszyklus beispielsweise 220 Liter explosionsfähiges
Gasgemisch erzeugt.

Ein Reinigungs- bzw. Explosionszyklus kann ähnlich einem Verbrennungsmotor in
15 verschiedene Takte aufgeteilt sein. In einem ersten Takt wird bzw. werden die
Einlassarmatur(en) zur Explosionskammer geöffnet und der mindestens eine
gasförmige Stoff unter Druck in die Explosionskammer des Explosionserzeugers ein-
geleitet und ein explosionsfähiges Gasgemisch wird in der Explosionskammer
bereitgestellt. Gegebenenfalls wird über die Auslassöffnung ausserhalb des
20 Explosionserzeugers zusätzlich eine Wolke ausgebildet.

Nach Einleiten der vorgegebenen Menge an gasförmigem Stoff wird die mindestens
eine Einlassarmatur geschlossen. Im Anschluss daran wird die Zündung aktiviert und
das ausgebildete Gesamtvolumen an explosionsfähigem Gasgemisch wird in einem
25 zweiten Takt zur Explosion gebracht. Im Anschluss an die Explosion kann durch
erneutes Öffnen der mindestens einen Einlassarmatur erneut ein explosionsfähiges
Gasgemisch in der Explosionskammer erzeugt werden.

Bevorzugt wird nach erfolgter Explosion, mindestens ein Einleitkanal und gegebenenfalls auch die Explosionskammer des Explosionserzeugers mit einem Spülgas gespült.

- 5 Das Spülen mit Spülgas soll das Rückströmen von Rauchgasen in den mindestens einen Einleitkanal und insbesondere bis zur mindestens einen Einlassarmatur verhindern. Die Rauchgase werden durch das Spülgas aus dem mindestens einen Einleitkanal und insbesondere aus der Explosionskammer ausgestossen bzw. ausgetrieben.

10

Die sich abkühlenden, heißen Rauchgase können andernfalls im Explosionserzeuger und insbesondere in dem mindestens einen Einleitkanal auskondensieren und zu Korrosion führen, insbesondere zu Korrosion an der mindestens einen Einlassarmatur.

- 15 Das Spülgas ist insbesondere ein nicht brennbares Gas. Das Spülgas ist insbesondere Luft bzw. Druckluft. Die Druckluft kann von einer bestehenden Druckluftversorgung bezogen werden.

- 20 Das Spülgas wird stromabwärts betrachtet insbesondere nach der Einlassarmatur in den Einleitkanal eingespiesen. Dadurch wird das Rückströmen von Rauchgasen zur Einlassarmatur verhindert.

Das Spülgas wird stromabwärts betrachtet insbesondere vor der dazugehörigen Einlassöffnung eingespiesen.

25

Das Spülgas wird insbesondere zwischen der Einlassarmatur und einer weiter stromabwärts angeordneten Rückschlagsicherung in den Einleitkanal eingespiesen.

Das Spülgas wird insbesondere in den Einleitkanal für das gasförmige Oxidationsmittel eingespiesen. Das Spülgas kann alternativ oder zusätzlich in den Einleitkanal für den gasförmigen Brennstoff eingespiesen werden.

- 5 Wird der gasförmige Brennstoff quer zum gasförmigen Oxidationsmittel in die Explosionskammer eingeleitet, so kann eine Spülgaszufuhr in den Einleitkanal des gasförmigen Oxidationsmittels ausreichen, um auch das Einströmen von Rauchgasen in den Einleitkanal für den gasförmigen Brennstoff zu verhindern.
- 10 Der Explosionserzeuger enthält hierzu insbesondere mindestens eine Anschlusseinrichtung zum Anschliessen einer Spülgasleitung. Die Anschlusseinrichtung kann eine Rückschlagsicherung umfassen, um die Spülgasleitung vor dem Explosionsdruck abzusichern.
- 15 Die Steuerung der einzuleitenden Menge an gasförmigem Stoff, das heisst deren Dosierung, welche z. B. im Fall von zwei oder mehr gasförmigen Stoffen im stöchiometrischen Verhältnis sein soll, kann auf unterschiedliche Weise erfolgen.

- So kann die dosierte Einleitung des mindestens einen gasförmigen Stoffes nach dem
- 20 Prinzip des Differenzdruckverfahrens erfolgen, wie es z. B. in der WO 2015/120563 beschrieben ist. So kann aus der einzuleitenden Menge von gasförmigem Stoff ausgehend von einem bekannten Maximal-Druck in einem Dosier- bzw. Speicherbehälter mit bekanntem Speichervolumen zu Beginn des Einleitvorganges der entsprechende Soll-Restdruck bzw. Differenzdruck ermittelt werden. Die
 - 25 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.

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

- 5 So lässt sich ausgehend von einem bekannten Maximaldruck zu Beginn des Einleitvorganges sowie dem bekannten Füllvolumen des Speicherbehälters die Gasgeschwindigkeit bzw. der Gasstrom durch die Einlassarmatur rechnerisch oder empirisch ermitteln. Daraus lässt sich ein direkter Zusammenhang zwischen der Öffnungszeit und des eingeleiteten gasförmigen Stoffes ableiten. Die vorgegebene
- 10 Öffnungszeit der mindestens einen Einlassarmatur wird über die Steuerungseinrichtung gesteuert.

- Die Speicherbehälter weisen insbesondere einen Überdruck von maximal 20 bar oder weniger auf. So kann ein Überdruck von 10 bis 20 bar vorgesehen sein. Da der jeweils
- 15 eingeleitete, gasförmige Stoff in der Explosionskammer einen vergleichsweise geringen (Über-)Druck aufweisen, erlauben die genannten Drücke in den Speicherbehälter dennoch die Einleitung des gasförmigen Stoffes unter hoher Geschwindigkeit in die Explosionskammer.

- 20 So kann der mindestens eine gasförmige Stoff 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 Geschwindigkeit kann jedoch lokal, z. B. im Bereich abrupter Querschnittserweiterungen die Schallgeschwindigkeit sogar überschreiten. Solche abrupte Querschnittserweiterungen kommen z. B. im Bereich
- 25 der Ventile bzw. der Rückschlagsicherungen oder der Einlassöffnungen vor.

Da für Speicherbehälter mit einem maximalen Überdruck von 20 bar oder weniger strenge Sicherheitsvorschriften gelten, verringern sich, z. B. infolge des Wegfalls regelmäßiger Inspektionen, die Unterhaltskosten bzw. der Unterhaltsaufwand.

Es kann vorgesehen sein, dass der mindestens eine Speicher- bzw. Druckbehälter nicht vollständig, d.h. bis zum Umgebungsdruck, entleert wird. So weist der Restdruck insbesondere einen Überdruck auf. Der Restdruck kann z. B. 5 bar oder mehr, insbesondere 10 bar oder mehr, wie z.B. 10 bis 15 bar, sein. Dank des hohen

5 Restdruckes erreicht man hohe Geschwindigkeiten bei der Einleitung. Dies ist zum Beispiel bei einer Einleitung nach dem Differenzdruckverfahren der Fall.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung wird insbesondere im Bereich von Wandflächen von Brennkammern bzw. Verbrennungskesseln, von Abhitzekeßeln bzw. Leertügen

10 von Müllverbrennungsanlagen, von Wärmekraftwerken, oder allgemein von Verbrennungskesseln installiert.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung und das dazugehörige Verfahren dient insbesondere allgemein zur Reinigung von Wandflächen, von Rohrbündeln, von

15 Wärmetauschern in oben genannten Anlagen. Die erfindungsgemässe Vorrichtung und das dazugehörige Verfahren kann auch zur Reinigung von Katalysatoren in Rauchgasreinigungseinrichtungen eingesetzt werden.

Ferner können die erfindungsgemässe Vorrichtung und das dazugehörige Verfahren

20 auch zur Reinigung, d.h. zum Entfernen von anhaftenden Ablagerungen und Verkrustungen aus ausgehärtetem Beton in Innenräumen von Einrichtungen zur Herstellung, Lagerung und/oder Transport von fliessfähigem Beton dienen. Solche Einrichtungen können z. B. Fahrmischer (Betonmischer) oder Betonmischanlagen sein.

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

- Figur 1: eine Seitenansicht einer erfindungsgemässen Vorrichtung mit einem an einem Behälter bzw. einer Anlage installierten Explosionserzeuger;
- Figur 2: eine Frontansicht der Vorrichtung nach Figur 1;
- Figur 3: einen vergrösserten Ausschnitt der erfindungsgemässen Vorrichtung
5 gemäss Figur 1 aus dem Bereich des Explosionserzeugers;
- Figur 4a: eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemässen Explosionserzeugers;
- Figur 4b: die perspektivische Ansicht gemäss Figur 4a mit einem Seitenaufriß;
- Figur 5: eine erste Ausführungsform einer Auslasseinrichtung;
- 10 Figur 6: eine zweite Ausführungsform einer Auslasseinrichtung.
- Figur 7a: eine erste perspektivische Ansicht des Grundkörpers des wandaussenseitigen, ersten Bauteils eines Explosionserzeugers;
- Figur 7b: eine zweite perspektivische Ansicht des Grundkörpers nach Figur 7a;
- Figur 8: eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform einer
15 Druckübertragungsleitung einer erfindungsgemässen Sensoreinrichtung gemäss dem zweiten Erfindungsaspekt;
- Figur 9: eine perspektivische Ansicht einer zweiten Ausführungsform einer Druckübertragungsleitung einer erfindungsgemässen Sensoreinrichtung gemäss dem zweiten Erfindungsaspekt;
- 20 Figur 10: eine Schnittansicht des Aufbaus einer flexiblen Druckübertragungsleitung;
- Figur 11: eine Detailansicht des Wellschlauchs gemäss Figur 10.

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

- 25 Für das Verständnis der Erfindung sind gewisse Merkmale in den Figuren nicht dargestellt. Die beschriebenen Ausführungsbeispiele stehen beispielhaft für den Erfindungsgegenstand.

- Die **Figuren 1 bis 3** zeigen schematisch eine Anlage 50 mit einem zu reinigenden
30 Innenraum 51, in welchem sich ein Rohrbündel 52 eines Wärmetauschers befindet. Im

Bereich einer Durchlassöffnung 53 in der Wand 54 der Anlage 50 ist der Explosionserzeuger 2 einer erfindungsgemässen Vorrichtung 1 über einen Montageeinsatz 55 an der Wand 54 der Anlage fest installiert (siehe auch Figur 3).

- 5 Der Explosionserzeuger 2 wird anhand der Detailansicht gemäss Figur 4a und 4b weiter unten im Detail beschrieben.

Die Vorrichtung 1 enthält neben dem fest an der Wand 54 der Anlage 50 installierten Explosionserzeuger 2 eine Versorgungseinrichtung 30. Die Versorgungseinrichtung
10 30 umfasst eine Dosiereinheit 31 mit einem ersten und zweiten Speicherbehälter 34, 35 zur separaten Versorgung des stromabwärts angeschlossenen Explosionserzeugers 2 mit einem ersten und zweiten Ausgangsstoff zur Herstellung eines explosionsfähigen Gasgemischs.

15 Die Ausgangsstoffe werden über Zufuhrleitungen 32, 33 von den Speicherbehältern 34, 35 dem Explosionserzeuger 2 zugeführt. So wird über eine erste Zufuhrleitung 32 ein erster Ausgangsstoff in Form eines gasförmigen Brennstoffes, wie Ethylen oder Erdgas dem Explosionserzeuger 2 zugeführt und über eine erste Einlasseinrichtung 4 in die Explosionskammer 3 des Explosionserzeugers 2 eingeleitet. Über eine zweite
20 Zufuhrleitung 33 wird ein zweiter Ausgangsstoff in Form eines gasförmigen Oxidationsmittels, wie Sauerstoff, dem Explosionserzeuger 2 zugeführt und über eine zweite Einlasseinrichtung 5 in die Explosionskammer 3 des Explosionserzeugers 2 eingeleitet.

25 Die Speicherbehälter 34, 35, werden wiederum über Versorgungsleitungen 36, 37 aus Gasflaschen 38, 39 eines Gaslagers, welches nicht in die Dosiereinheit 31 integriert ist, mit den jeweiligen Ausgangskomponenten versorgt. Das Gaslager mit den Gasflaschen 38, 39 ist nicht in unmittelbarer Nähe des Explosionserzeugers 2 bzw. der Dosiereinheit 31 angeordnet sondern vielmehr in einiger Entfernung von diesen.

30

Die Dosiereinheit 31 ist in unmittelbarer Nähe des Explosionserzeugers 2 aussenseitig an der Wand 54 der Anlage 51 angeordnet (siehe Figur 2). Die Dosiereinheit 31 wird ferner über eine Versorgungsleitung 43 von extern mit Spülgas zur Spülung der Explosionskammer 3 versorgt. Das Spülgas ist z. B. Druckluft, welches von einer bereits vorhandenen Drucklufteinrichtung bezogen wird. Ferner weist die Dosiereinheit 31 zur Stromversorgung auch eine Stromversorgungsleitung 40 zu einer externen Stromquelle auf.

Die Dosiereinheit 31 umfasst überdies eine Steuerungseinrichtung 41 zur Steuerung des Reinigungsverfahrens. Über die Steuerungseinrichtung 41 wird unter anderem die Einleitung der Ausgangskomponenten in die Explosionskammer 3 des Explosionserzeugers 2 sowie die Zündeinrichtung 6 gesteuert.

Der Explosionserzeuger 2 gemäss **Figur 3** sowie **Figur 4a und 4b** umfasst ein erstes wandaussenseitiges Bauteil 2.1 sowie ein zweites wandinnenseitiges Bauteil 2.2, welches die Auslasseinrichtung 7 ausbildet. Beide Bauteile 2.1, 2.2 weisen jeweils einen Verbindungsflansch 8 auf, über welchen diese an der Wand 54 bzw. am Montageeinsatz 55 der Anlage 51 mittels Schraubverbindungen 56 befestigt sind. Die Wand 54 der Anlage 51 bildet im Befestigungsbereich eine Durchgangsöffnung aus. Die beiden Bauteile 2.1, 2.2 bilden im montierten Zustand eine durchgängige Explosionskammer 3 aus.

Die Explosionskammer 3 weist drei Kammerabschnitte 3.1-3.3 auf. So bildet das erste Bauteil 2.1 einen ersten Kammerabschnitt 3.1 sowie einen in Prozessrichtung bzw. Strömungsrichtung R an den ersten Kammerabschnitt anschliessenden, sich trichterförmig erweiternden zweiten Kammerabschnitt 3.2 aus (siehe Figur 4b). Das zweite Bauteil 2.2 bildet den dritten Kammerabschnitt 3.3 aus, welcher in Prozessrichtung R in der Auslassöffnung 7.1 endet (siehe Figur 5 und 6).

- 44 -

Das erste Bauteil 2.1 weist einen Grundkörper 9 mit einem einlassseitigen, ersten Teilkörper 9.1, welcher den ersten Kammerabschnitt 3.1 umfasst, sowie mit einem auslassseitigen, zweiten Teilkörper 9.2, welcher den zweiten Kammerabschnitt 3.2 mit der trichterförmigen Erweiterung ausbildet. Der zweite Teilkörper 9.2 bildet in
5 Prozessrichtung R entsprechend eine trichterförmige Erweiterung 10 aus, die in einem ersten Verbindungsflansch 8 endet (siehe auch Figur 4a und 4b).

Der zweite, auslassseitige Teilkörper 9.2 des ersten Bauteils 2.1 steht im installierten Zustand senkrecht von der Wand 54 der Anlage 51 nach aussen ab. Die beiden
10 Teilkörper 9.1, 9.2 sind in einem stumpfen Winkel γ zueinander angeordnet. So weist das erste Bauteil 2.1. im Übergang vom ersten zum zweiten Teilkörper eine Biegung auf. Die Biegung ist derart ausgebildet, dass der erste, einlassseitige Teilkörper 9.1 im installierten Zustand schräg nach oben wegführt.

Der Explosionserzeuger 2 bzw. das erste Bauteil 2.1 bzw. der Grundkörper 12 bildet eine einlassseitige physische Schnittstelle 13 aus, welche in den Figuren in Form einer Grundkörper-Anschlussplatte 13 dargestellt ist. Die Grundkörper-Anschlussplatte 13 ist jedoch nur eine mögliche Ausgestaltung einer solchen einlassseitigen physischen Schnittstelle. Die einlassseitige physische Schnittstelle 13 weist zum Einleiten der
20 beiden Ausgangsstoffe jeweils eine erste und zweite Zufuhröffnung 13.1, 13.2 auf. An den genannten Zufuhröffnungen 13.1., 13.2 ist jeweils eine erste und zweite Einlassarmatur 4.2, 5.2 einer ersten und zweiten Einlasseinrichtung 4, 5 angeschlossen. Die Einleitung der Ausgangsstoffe in die Explosionskammer 3 wird über die Einlassarmaturen 4.2, 5.2 mittels der Steuerungseinrichtung 41 gesteuert.

25 Die Einlassarmaturen 4.2, 5.2 sind hier über eine gemeinsame Armaturen-Anschlussplatte 14 mit dem Grundkörper 12 bzw. der Grundkörper-Anschlussplatte 13 verbunden. Die beiden Anschlussplatten 13, 14 sind hierzu über Schraubverbindungen 56 gegeneinander verschraubt. Die Armaturen-Anschlussplatte 14 ist jedoch nur eine

mögliche Ausgestaltung einer solchen einlassseitigen physischen Schnittstelle seitens der Einlassarmaturen 4.2, 5.2.

Im einlassseitigen, ersten Teilkörper 9.1 führt ausgehend von den Zufuhröffnungen
5 13.1, 13.2 an der einlassseitigen physischen Schnittstelle 13 jeweils ein erster und
zweiter Einleitkanal 4.5, 5.5 in die Explosionskammer 3. Die Einleitkanäle 4.5, 5.5
enden jeweils über eine Einlassöffnung 4.1, 5.1 in der Explosionskammer 3 (siehe
Figur 4b). Einleitkanäle 4.5, 5.5 mit den jeweiligen Einlassöffnungen 4.1, 5.1 sind so
ausgelegt, dass die beiden gasförmigen Stoffe in einem Winkel β von 90° zueinander
10 in die Mischzone 11 einströmen.

Die Einlassarmaturen 4.2, 5.2 sind jeweils zwischen der Zufuhrleitungen 32, 33 und
der Zufuhröffnung 13.1, 13.2 bzw. der Grundkörper-Anschlussplatte 13 angeordnet.
Die Einlassarmaturen 4.2, 5.2 umfassen jeweils ein geschaltetes Magnetventil 4.4, 5.4
15 mit einer in Strömungsrichtung R nachgelagerten Rückschlagsicherung 4.3, 5.3
(Rückschläger). Die Einlassarmaturen 4.2, 5.2 umfassen entsprechen jeweils eine
Ventilschaltung 17 mit Magnetspulen zum Schalten der Einlassventile 4.4, 4.5. Die
Einlassarmaturen 4.2, 5.2 sind über die jeweiligen Ventilschaltungen 17 über
Ventilsteuerleitungen 18 mit der Steuerungseinrichtung 41 verbunden.

20 Die Explosionskammer 3 bildet im ersten Kammerabschnitt 3.1 im Bereich der
Einlassöffnungen 4.1, 5.1 eine Mischzone 11 aus, in welcher die beiden separat, in
einem stöchiometrischen Verhältnis eingeleiteten Ausgangskomponenten bzw. -stoffe
miteinander zu einem explosionsfähigen Gasgemisch vermischt werden.

25 Das erste Bauteil 2.1 umfasst im Weiteren eine am einlassseitigen, ersten Teilkörper
9.1 angeordnete Zündeinrichtung 6. Diese ist dazu ausgelegt, in den ersten
Kammerabschnitt 3.1 und insbesondere direkt in die Mischzone 11 zu zünden. Die
Zündeinrichtung 6 ist über eine Zündleitung 42 mit der Dosiereinheit 31 bzw. mit der

dazugehörigen Steuerungseinrichtung 41 verbunden. Die Zündeinrichtung 6 bzw. der Zündvorgang wird über die Steuerungseinrichtung 41 gesteuert.

5 Ferner ist am ersten Bauteil 2.1 ein Spülgasanschluss 15 zum Einspeisen eines Spülgases in die erste Einlassarmatur 4.2 zwischen dem Einlassventil und der Rückschlagsicherung angeordnet. Der Spülgasanschluss 15 ist hierzu an eine Spülgasleitung 43 angeschlossen. In den Spülgasanschluss 15 ist eine Rückschlagsicherung 16 integriert. Diese soll die Ausbreitung der Explosionsdruckwelle in die Spülgasleitung 43 verhindern.

10

Am ersten Bauteil 2.1 sind überdies Sensoreinrichtungen 20 mit jeweils einem Drucktransmitter 20.1 zum Messen des Druckes in einem gasführenden Teil des Bauteils 2.1 angeordnet. Eine erste solche Sensoreinrichtung 20 ist am ersten Teilkörper 9.1 zur Überwachung des Druckes in der Explosionskammer 3 angeordnet.
15 Eine weitere Sensoreinrichtung 20 ist jeweils an der Einlassarmatur 4.2, 5.2 zur Überwachung des Druckes in der Einlassarmatur 4.2, 5.2 angeordnet. Die Sensoreinrichtungen 20 umfassen jeweils eine Druckübertragungsleitung 20.2 zur Übertragung des Gasdruckes im gasführenden Teil des Bauteils auf den Drucktransmitter 20.1. Ferner sind die Sensoreinrichtungen 20 bzw. die Drucktransmitter 20.1 jeweils
20 über Sensorleitungen 20.3 mit der Steuerungseinrichtung 41 verbunden. Über die Sensorleitungen 20.3 werden die Sensorsignale an die Steuerungseinrichtung 41 übermittelt.

Die Anordnung der Sensoreinrichtung 20 geht insbesondere aus der **Figur 3**
25 anschaulich hervor. Die Druckübertragungsleitung 20.2 der Sensoreinrichtung 20 ist über eine Schraubverbindung an einem Anschluss an der Einlassarmatur 4.2 angebracht. Am anderen, freien Ende der Druckübertragungsleitung 20.2 ist der Drucktransmitter 20.1 ebenfalls über eine Schraubverbindung auf die Druckübertragungsleitung 20.2 aufgeschraubt. Der Gasdruck im gasführenden Teil
30 des Bauteils, wie hier z. B. in der Einlassarmatur 4.2, wird über die Drucküber-

tragungsleitung 20.2 auf den Drucktransmitter 20.1 übertragen. Ein Leitungsabschnitt 21 der Druckübertragungsleitung 20.2. ist nun als flexibler Schlauch ausgebildet.

Der Aufbau der Druckübertragungsleitung 20.2 gemäss dem zweiten Erfindungs-
5 aspekt geht aus den Figuren 8 bis 11 hervor.

Die **Figuren 8 und 9** zeigen zwei verschiedene Ausführungsformen von Druckübertragungsleitungen 20.2, welche jeweils einen flexiblen Leitungsabschnitt 21 umfassen. Ferner sind beide Enden der Druckübertragungsleitungen 20.2 jeweils mit Innen-
10 gewindemuffen 20.4 ausgerüstet, über welche die Druckübertragungsleitungen 20.2 an einen Schraubanschluss am Explosionserzeuger 2 angeschraubt werden können bzw. über welche die Drucktransmitter 20.1 an den Druckübertragungsleitungen 20.2 angeschraubt werden können.

15 Die Druckübertragungsleitungen 20.2 gemäss Figur 8 unterscheidet sich von der Druckübertragungsleitungen 20.2 gemäss Figur 9 durch einen gebogenen Rohrabschnitt, welcher die Druckübertragungsleitungen 20.2 in einem Winkel von 90° umlenkt. Solche Druckübertragungsleitungen 20.2 kommen insbesondere dann zum Einsatz, wenn der Schraubanschluss senkrecht vom Explosionsgenerator 2 weggeführt.
20 Der Biegerohrabschnitt sorgt dafür, dass die die Sensoreinrichtung 20 mit dem Drucktransmitter 20.1 nicht allzu sehr seitlich absteht.

Der flexible Leitungsabschnitt 21 ist ein eigenstabiler bzw. selbsttragender Schlauch und besteht aus einem aussen liegenden Flechtschlauch 21.2, welcher insbesondere als
25 Schutz dient, und einem innen liegenden, vom Flechtschlauch 21.2. umgebenen, gasdichten Wellschlauch 21.1. Beide Schläuche sind aus Metall.

Die **Figuren 5 und 6** zeigen besondere Ausführungsformen von Auslasseinrichtungen 7. Diesen ist gemeinsam, dass sie einen Grundkörper 12 mit einem rohrförmigen
30 Gasaufnahmekörper 12.1 aufweisen, an dessen wandseitigen Ende ein

Verbindungsflansch 8 angeordnet ist, über welchen die Auslasseinrichtung 7 an der Wand 54 der Anlage 51 befestigt wird.

Der rohrförmigen Gasaufnahmekörper 12.1 erstreckt sich senkrecht von der Wand 54 in den Innenraum 51 der Anlage 50. An seinem wandfernen, auslassseitigen Ende schliesst ein Auslasskörper 12.2 an, welcher zwei Auslassöffnungen 7.1 ausbildet. Der Gasaufnahmekörper 12.1 und der Auslasskörper 12.2 sind miteinander verschweisst.

Gemäss der Ausführungsform nach Figur 5 ist die Auslasseinrichtung T-förmig ausgebildet, wobei ausgehend vom wandfernen Ende des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers 12.1 zwei Auslassrohre des Auslasskörpers 12.2 jeweils über einen Biegeabschnitt in einander entgegengesetzte Richtungen seitlich wegführen. Die Endabschnitte der Auslassrohre führen dabei gegenüber dem rohrförmigen Gasaufnahmekörper 12.1 jeweils in einem Winkel von 90° seitlich weg.

Die Auslassrohre sind jeweils zur Längsachse A des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers 12.1 spiegelsymmetrisch ausgebildet. Am freien Ende der Auslassrohre ist jeweils eine Auslassöffnung 7.1 angeordnet. Die Öffnungsebene der Auslassöffnungen 7.1 verläuft insbesondere parallel zur Längsachse A des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers 12.1.

Der Strom von explosionsfähigem Gasgemisch sowie die in der Explosionskammer erzeugte Druckwelle werden im Auslasskörper 12.2 geteilt und zu den beiden seitlichen Auslassöffnungen hin um 90° umgelenkt (siehe Pfeile). Das explosionsfähige Gasgemisch bildet ausserhalb der Auslassöffnungen 7.1 eine Wolke 70 aus.

Gemäss der Ausführungsform nach Figur 6 ist die Auslasseinrichtung Y-förmig ausgebildet, wobei ausgehend vom wandfernen Ende des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers 12.1 zwei Auslassrohre des Auslasskörpers 12.2 jeweils in einem spitzen Winkel α zur Längsachse A des rohrförmigen Gasaufnahmekörpers 12.1 seitlich

schräg wegführen. Die Auslassrohre sind jeweils zur Längsachse A des rohrförmigen Gasaufnahme­körper 12.1 spiegelsymmetrisch ausgebildet. Am freien Ende der Auslassrohre ist jeweils eine Auslassöffnung 7.1 angeordnet. Die Öffnungsebene der Auslassöffnungen 7.1 verläuft parallel zur Längsachse A des rohrförmigen Gasaufnahme­körpers 12.1. Dadurch wird der Auslassquerschnitt vergrößert.

Der Strom von explosionsfähigem Gasgemisch sowie die in der Explosionskammer erzeugte Druckwelle werden im Auslasskörper 12.2 geteilt und in einem spitzen Winkel zu den beiden Auslassöffnungen 7.1 hin seitlich schräg abgelenkt. Das explosionsfähige Gasgemisch bildet ausserhalb der Auslassöffnungen 7.1 eine Wolke aus.

Die Auslasseinrichtungen nach Figur 5 und 6 weisen insbesondere den Vorteil auf, dass dank dem seitlichen Austritt der Explosionsdruckwellen geringere oder keine Rückstosskräfte auftreten.

Zur Durchführung des Verfahrens werden die Speicherbehälter 34, 35 vorab aus den Gasflaschen 38, 39 mit den Ausgangskomponenten bzw. -stoffen befüllt.

Zu Beginn eines Reinigungszyklus werden die Einlassarmaturen 4.2, 5.2 durch die Steuerungseinrichtung 41 geöffnet und die Ausgangskomponenten strömen im stöchiometrischen Verhältnis in die Mischzone 11 der Explosionskammer 3 und vermischen sich dort zum explosionsfähigen Gasgemisch. Die beiden gasförmigen Stoffe werden in einem Winkel β von 90° zueinander im so genannten Querstromverfahren in die Mischzone 11 eingeleitet. Sobald die vordefinierte Einlassmenge an Ausgangskomponenten erreicht ist werden die Einlassarmaturen 4.2, 5.2 durch die Steuerungseinrichtung 41 geschlossen.

Da die Explosionskammer zum Innenraum 51 des Behälters bzw. der Anlage 50 nicht geschlossen ist, strömt das explosionsfähige Gasgemisch vor seiner Zündung durch

- 50 -

die mindestens eine Auslassöffnung 7.1 in den Innenraum 51 des Behälters bzw. der Anlage 50 und bildet eine Wolke 70 aus. Die Ausbildung des explosionsfähigen Gasgemischs in der Explosionskammer 3 sowie der Wolke 70 aus explosionsfähigem Gasgemisch dauert beispielsweise 0.015 bis 0.03 Sekunden.

5

Unmittelbar nach dem Schliessen der Einlassarmaturen 4.2, 5.2 oder nach einer definierten Zeitverzögerung wird das explosionsfähige Gasgemisch mittels der Zünd-einrichtung 6 gezündet. Die Zündeinrichtung 6 wird durch die Steuerungseinrichtung 41 über die Zündleitung 42 betätigt. Das explosionsfähige Gasgemisch in der

10 Explosionskammer 3 und in der erzeugten Wolke 70 kommt zur Detonation. Diese bewirkt eine Druckwelle im Innenraum 51 des Behälters bzw. der Anlage 50.

PATENTANSPRÜCHE

1. **Vorrichtung** (1) zum Entfernen von Ablagerungen in Innenräumen (51) von Behältern oder Anlagen (50) mittels Explosionstechnologie, enthaltend einen Explosionserzeuger (2):
 - mit einer Explosionskammer (3)
 - 5 - mindestens eine Einlasseinrichtung (4, 5) mit einer Einlassöffnung (4.1) zum Einlassen eines gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer (3) zwecks Bereitstellung eines explosionsfähigen Gasgemischs in der Explosionskammer (3),
 - eine Zündeinrichtung (6) zum Zünden des explosionsfähigen Gasgemischs in
10 der Explosionskammer (3);
 - eine Auslasseinrichtung (7) mit mindestens einer Auslassöffnung (7.1) zum Auslassen eines Druckimpulses und/oder eines explosionsfähigen Gasgemischs zur Entfernung der Ablagerungen.
- 15 2. Vorrichtung gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Auslassöffnung (7.1) verschlussfrei ist.
3. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Explosionserzeuger (2) zur stationären Installation am Behälter bzw. der
20 Anlage (50), insbesondere an einer, eine Durchgangsöffnung (53) aufweisenden Wand (54) des Behälters oder der Anlage (50) ausgelegt ist.
4. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Explosionserzeuger (2) mehrteilig ausgebildet ist und ein wandaussen-
25 seitiges, erstes Bauteil (2.1) mit der mindestens einen Einlasseinrichtung (4, 5), und der Zündeinrichtung (6) und ein wandinnenseitiges, zweites Bauteil (2.2) mit der Auslasseinrichtung (7) umfasst.

5. Vorrichtung gemäss Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und zweite Bauteil (2.1, 2.2) jeweils einen Befestigungsflansch (8) aufweisen zum gegenseitigen Verbinden und/oder zum Verbinden mit dem Behälter bzw. der Anlage (50).
- 5
6. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 4 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das erste wandaussenseitige Bauteil (2.1) einen insbesondere einteiligen Grundkörper (9) mit einem einlassseitigen Teilkörper (9.1) und einen wandseitigen Teilkörper (9.2) umfasst, und der wandseitige Teilkörper (9.2) eine trichterförmige Erweiterung (10) aufweist.
- 10
7. Vorrichtung gemäss Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Öffnungswinkel (α) der trichterförmigen Erweiterung (10) 60° oder kleiner, insbesondere 45° oder kleiner, ganz besonders 30° oder kleiner, und 10° oder grösser, insbesondere 15° oder grösser, und ganz besonders 20° oder grösser ist.
- 15
8. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Explosionskammer (3) einen, insbesondere eine Mischzone (11) ausbildenden, ersten Kammerabschnitt (3.1), einen an den ersten Kammerabschnitt (3.1) anschliessenden, sich trichterförmig erweiternden zweiten Kammerabschnitt (3.2) und einen dritten Kammerabschnitt (3.3) als Teil der Auslasseinrichtung (7) umfasst oder daraus besteht.
- 20
9. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das wandinnenseitige Bauteil (2.2) einen, insbesondere einteiligen Grundkörper (12) mit einem rohrförmigen Gasaufnahmekörper (12.1) umfasst.
- 25
10. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Einlasseinrichtung (4, 5) eine Einlassarmatur (4.2, 5.2) zum

gesteuerten Einlass des gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer (3) umfasst.

11. Vorrichtung gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der
5 Grundkörper (9) eine einlassseitige physische Schnittstelle (13) mit mindestens einer Zufuhröffnung (13.1, 13.2) zum Anschliessen der Einlassarmatur (4.2, 5.2) der mindestens einen Einlasseinrichtung (4, 5) enthält.
12. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet,
10 dass die mindestens eine Einlasseinrichtung (4, 5) und insbesondere die Einlassarmatur (4.2, 5.2) eine Rückschlagsicherung (4.3, 5.3) umfasst.
13. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet,
15 dass die Einlassöffnung (4.1, 5.1) der mindestens einen Einlasseinrichtung (4, 5) der Einlassarmatur (4.2, 5.2) nachgeordnet ist.
14. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet,
20 dass die Vorrichtung (1) mindestens zwei Einlasseinrichtungen (4, 5) zum Einlassen jeweils mindestens eines ersten und zweiten gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer (3) zur Erzeugung des explosionsfähigen Gasgemischs in der Explosionskammer (3) enthält, und die Explosionskammer (3) eine Mischzone (11) zum Mischen des explosionsfähigen Gasgemischs ausbildet.
15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste und
25 zweite Einlassöffnung (4.1, 5.1) der mindestens zwei Einlasseinrichtungen (4, 5) einen unterschiedlichen Einlassquerschnitt aufweisen und als Blenden wirken, welche den Volumenstrom des in die Explosionskammer (3) einströmenden gasförmigen Stoffes begrenzen.

16. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 14 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Einleitkanäle (4.5, 5.5) und die Einlassöffnungen (4.1, 5.1) der mindestens zwei Einlasseinrichtungen (4, 5) so ausgebildet und angeordnet sind, dass der mindestens eine erste und zweite gasförmige Stoff in einem Winkel (β), insbesondere in einem rechten Winkel zueinander in die Explosionskammer (3) strömen.
17. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Einlasseinrichtung (4) einen ersten Einleitkanal (4.5) zum Einleiten eines ersten gasförmigen Stoffes und eine zweite Einlasseinrichtung (5) einen zweiten Einleitkanal (5.5) zum Einleiten eines zweiten gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer (3) aufweist, und die jeweils in die Einlassöffnung (4.1, 5.1) mündenden Endabschnitte der Einleitkanäle (4.5, 5.5) insbesondere in einem Winkel (β) zueinander angeordnet sind.
18. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1) mindestens eine Sensoreinrichtung (20) mit einem Drucksensor (20.1) zum Messen eines Gasdrucks in einem gasführenden Teil der Vorrichtung (1) sowie eine, den Drucksensor (20.1) mit dem gasführenden Teil der Vorrichtung (1) verbindende Druckübertragungsleitung (20.2) enthält, wobei mindestens ein Leitungsabschnitt (21) der Druckübertragungsleitung (20.2) flexibel ausgebildet ist.
19. Vorrichtung gemäss Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine flexible Leitungsabschnitt (21) der Druckübertragungsleitung (20.2) als Schlauch ausgebildet ist.
20. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 18 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine flexible Leitungsabschnitt (21) mehrschichtig aufgebaut ist und insbesondere einen innen liegenden gasdichten, ersten

- 55 -

Schlauch (21.1), wie Wellschlauch, und einen, den innen liegenden gasdichten, ersten Schlauch umgebenden, aussen liegenden Schutzschlauch (21.2), wie Flechtschlauch enthält.

- 5 21. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1) mindestens einen Speicherbehälter (34, 35) umfasst, welcher über eine Zufuhrleitung (32, 33) mit der mindestens einen Einlasseinrichtung (4, 5) des Explosionserzeugers (2) zwecks Einleiten mindestens eines gasförmigen Stoffes aus dem mindestens einen Speicherbehälter (34, 35) in die Explosionskammer (3) des Explosionserzeugers (2) verbunden ist.
- 10
22. Vorrichtung gemäss Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Zufuhrleitung (32, 33) als mehrschichtiger Schlauch ausgebildet ist und einen innen liegenden, gasdichten ersten Schlauch (32.1, 33.1) und einen, den innen liegenden ersten Schlauch (32.1, 33.1) umgebenden, aussen liegenden zweiten Schutzschlauch (32.2, 33.2), insbesondere einen Flechtschlauch, enthält.
- 15
- 20 23. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1) zum Einleiten von explosionsfähigem Gasgemisch in den Innenraum (51) des Behälters oder der Anlage (50) und zur Ausbildung einer Wolke (70) aus dem explosionsfähigen Gasgemisch im Innenraum (51) des Behälters oder der Anlage (50) ausgelegt ist.
- 25
24. **Anlage** (50) mit einem Innenraum (51) und mindestens einer Wand (54) und mit einer Vorrichtung (1) umfassend einen an der Anlage (50), insbesondere an einer Wand (54) der Anlage (50) fest installierten Explosionserzeuger (2) gemäss den Ansprüchen 1 bis 23.
- 30

25. **Verfahren** zum Entfernen von Ablagerungen in Innenräumen (51) von Behältern und Anlagen (50) mittels Explosionstechnologie unter Verwendung einer Vorrichtung (1) gemäss den Ansprüchen 1 bis 23, mit folgenden Schritten:
- Einleiten mindestens eines gasförmigen Stoffes in die Explosionskammer (3);
 - 5 - Bereitstellen eines explosionsfähigen Gasgemischs aus dem mindestens einen gasförmigen Stoff in der Explosionskammer (3);
 - gesteuertes Zünden des explosionsfähigen Gasgemisches in der Explosionskammer (3) mittels der Zündeinrichtung (6), wobei das explosionsfähige Gasgemisch zur Explosion gebracht wird.
- 10
26. Verfahren gemäss Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Auslassöffnung (7.1) während der Einleitung des mindestens einen, gasförmigen Stoffes sowie während der Zündung und Explosion des explosionsfähigen Gasgemisches nach aussen offen ist.
- 15
27. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 25 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des in der Explosionskammer (3) bereitgestellten explosionsfähigen Gasgemischs über die mindestens eine Auslassöffnung (7.1) in den Innenraum (51) des Behälters oder Anlage (50) strömt, und im Innenraum (51) eine Wolke (70) aus dem explosionsfähigen Gasgemisch ausgebildet wird.
- 20
28. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass das aus dem explosionsfähigen Gasgemisch in der Explosionskammer (3) und gegebenenfalls der Wolke (70) bestehende Gesamtvolumen aus explosionsfähigem Gasgemisch in einem Zeitraum von 1 Sekunde oder weniger, bevorzugt von 0.5 Sekunden oder weniger, insbesondere von 0.1 Sekunden oder weniger in der Explosionskammer bereitgestellt bzw. erzeugt und gesteuert zur Explosion gebracht wird.
- 25

29. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 25 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei gasförmige Stoffe in den Explosionserzeuger (2) eingeleitet werden, und in der Explosionskammer (3) eine Mischzone (11) ausgebildet wird, in welcher die gasförmigen Stoffe zum explosionsfähigen Gasgemisch vermischt werden.
30. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass während der Einleitung des mindestens einen gasförmigen Stoffes bis zur Zündung des explosionsfähigen Gasgemischs in der Explosionskammer (3) ein maximaler Gasüberdruck von 100 kPa (1 bar), insbesondere von 50 kPa (0.5 bar), ganz besonders von 20 kPa (0.2 bar) aufgebaut wird.
31. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 25 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Zündung des explosionsfähigen Gasgemisches in der Explosionskammer (3), insbesondere in der Mischzone (11), eine sich in Richtung der mindestens einen Auslassöffnung (7.1) bewegende Explosionsdruckwelle erzeugt wird, welche den Ausstoss von explosionsfähigem Gasgemisch durch die mindestens eine Auslassöffnung (7.1) bewirkt, und so eine Wolke aus explosionsfähigem Gasgemisch ausgebildet oder fertig ausgebildet wird.
32. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 25 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass das explosionsfähige Gasgemisch in der Mischzone (11) gezündet wird.
33. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 25 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Explosion durch eine Detonation des explosionsfähigen Gasgemischs erfolgt, welche sich in Überschallgeschwindigkeit und an einen Verdichtungsstoss gekoppelt ausbreitet.