

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. Mai 2019 (23.05.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/096432 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B24C 1/00 (2006.01) *C01B 32/55* (2017.01)
B24C 11/00 (2006.01) *B30B 11/20* (2006.01)
B24C 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/083738

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Dezember 2017 (20.12.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 127 058.2
16. November 2017 (16.11.2017) DE

(71) Anmelder: **ALFRED KÄRCHER SE & CO. KG**
[DE/DE]; Alfred-Kärcher-Strasse 28 - 40, 71364 Winnenden (DE).

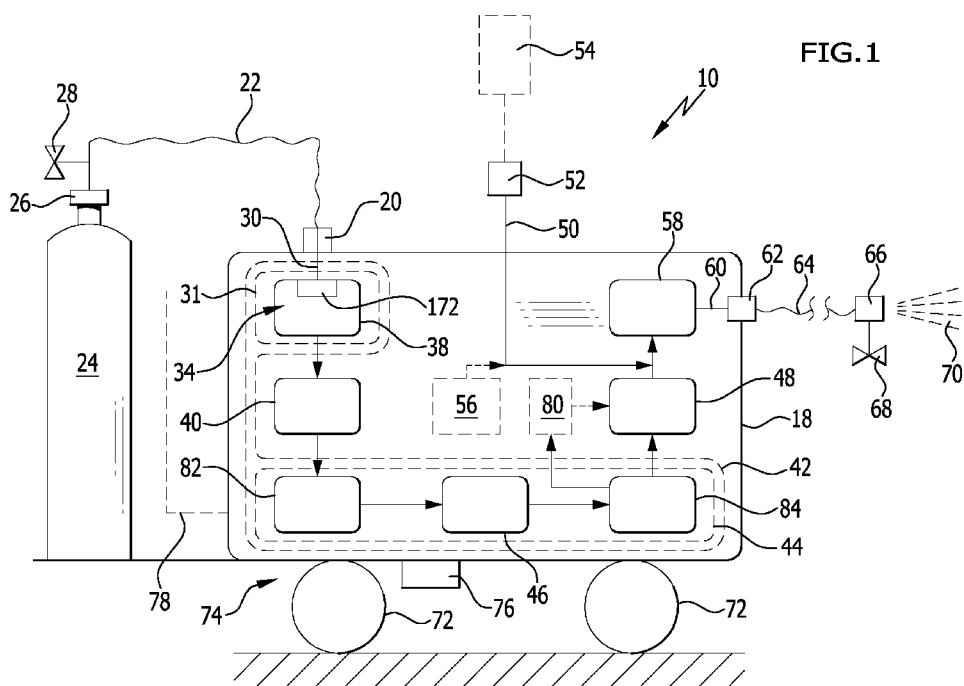
(72) Erfinder: **ECKSTEIN, Lars**; Memelstrasse 14, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). **AYRER, Ralf**; Neuffenstrasse 3, 73066 Uhingen (DE). **PETZOLD, Rick**; Bühlgärten 34, 71409 Schwaikheim (DE).

(74) Anwalt: **HOEGER, STELLRECHT & PARTNER PATENTANWÄLTE MBB**; Uhlandstrasse 14 c, 70182 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: APPARATUS FOR PRODUCING CO₂ PELLETS FROM CO₂ SNOW, AND CLEANING APPLIANCE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG VON CO₂-PELLETS AUS CO₂-SCHNEE UND REINIGUNGSGERÄT



(57) Abstract: In order to improve an apparatus (42) for producing highly compact CO₂ pellets (16) from CO₂ snow (36), in particular for a cleaning appliance (10) for blasting surfaces to be treated with a mixed flow (12) of a compressed gas (14) and CO₂ pellets, comprising a main compressing device (44) for compressing CO₂ snow to form CO₂ pellets, in such a way that CO₂ pellets can be formed optimally, in particular for different cleaning purposes, it is proposed that it comprises a control device (224) for controlling the apparatus in such a way that mechanical properties of the CO₂ pellets to be produced can be preset. Furthermore, an improved cleaning appliance is proposed.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2019/096432 A1

KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Um eine Vorrichtung (42) zur Herstellung von hochfesten CO₂-Pellets (16) aus CO₂-Schnee (36), insbesondere für ein Reinigungsgerät (10) zum Bestrahlen von zu behandelnden Oberflächen mit einem Gemischstrom (12) aus einem Druckgas (14) und CO₂-Pellets, umfassend eine Hauptverdichtungseinrichtung (44) zum Verdichten von CO₂-Schnee zur Ausbildung von CO₂-Pellets, so zu verbessern, dass CO₂-Pellets insbesondere für unterschiedliche Reinigungszwecke optimal ausbildbar sind, wird vorgeschlagen, dass sie eine Steuerungseinrichtung (224) zum Steuern der Vorrichtung derart umfasst, dass mechanische Eigenschaften der zu erzeugenden CO₂-Pellets vorgebar sind. Ferner wird ein verbessertes Reinigungsgerät vorgeschlagen.

Vorrichtung zur Herstellung von CO₂-Pellets aus CO₂-Schnee und Reinigungsgerät

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung von hochfesten CO₂-Pellets aus CO₂-Schnee, insbesondere für ein Reinigungsgerät zum Bestrahlen von zu behandelnden Oberflächen mit einem Gemischstrom aus einem Druckgas und CO₂-Pellets, umfassend eine Hauptverdichtungseinrichtung zum Verdichten von CO₂-Schnee zur Ausbildung von CO₂-Pellets.

Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Reinigungsgerät zum Bestrahlen von zu behandelnden Oberflächen mit einem Gemischstrom aus einem Druckgas und CO₂-Pellets.

Eine Vorrichtung und ein Reinigungsgerät der eingangs beschriebenen Art sind insbesondere aus der DE 10 2013 113 275 A1 bekannt. Diese umfassen einen Zahnradverdichter, welcher CO₂-Schnee durch eine Matrize drückt, um so CO₂-Pellets herzustellen.

Mit der bekannten Vorrichtung lassen sich insbesondere nur CO₂-Pellets mit im Wesentlichen immer gleicher Form und Dichte ausbilden. Für eine effiziente Reinigung von unterschiedlichen Oberflächen wäre es jedoch vorteilhaft, CO₂-Pellets unterschiedlicher Härte erzeugen zu können.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Reinigungsgeräts der eingangs beschriebenen Art so zu verbessern, dass CO₂-Pellets insbesondere für unterschiedliche Reinigungszwecke optimal ausbildbar sind.

Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass sie eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Vorrichtung derart umfasst, dass mechanische Eigenschaften der zu erzeugenden CO₂-Pellets vorgebar sind.

Die vorgeschlagene Weiterbildung einer Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art hat insbesondere den Vorteil, dass CO₂-Pellets unterschiedlicher Qualität ausgebildet werden können. Die Qualität von CO₂-Pellets kann insbesondere über ihre mechanischen Eigenschaften definiert werden. Beispielsweise können so härtere oder weichere CO₂-Pellets ausgebildet werden, die sich insbesondere durch ihre Abmessungen oder ein individuelles Gewicht unterscheiden. So können insbesondere zu Reinigungszwecken CO₂-Pellets gewünschter Härte mit der Vorrichtung hergestellt werden. Beispielsweise können weichere CO₂-Pellets erzeugt werden, indem kleinere CO₂-Schnee-Volumen kompaktiert werden. Wird mehr CO₂-Schnee verdichtet, können insgesamt härtere CO₂-Pellets ausgebildet werden. Ebenso lassen sich auch Abmessungen der CO₂-Pellets verändern. Werden weichere CO₂-Pellets benötigt, muss auch nur weniger CO₂-Schnee hergestellt werden, so dass bedarfsorientiert auch flüssiges CO₂ eingespart werden kann. Letztlich kann so insbesondere eine verbrauchs-optimierte Herstellung von CO₂-Pellets erreicht werden.

Günstig ist es, wenn die Steuerungseinrichtung ausgebildet ist zum Steuern der Vorrichtung derart, dass eine Dichte und/oder eine Größe der zu erzeugenden CO₂-Pellets vorgebar sind. Wie bereits erwähnt, ermöglicht es die Steuerungseinrichtung die Vorrichtung insbesondere so zu betreiben, dass beispielsweise härtere oder weichere CO₂-Pellets ausgebildet werden können, die insbesondere unterschiedliche Dichten aufweisen. Auch eine Größe, beispielsweise eine Länge oder ein Durchmesser stäbchenförmiger CO₂-Pellets kann so variiert werden, beispielsweise durch eine bereitgestellte Menge an CO₂-Schnee, die mit der Hauptverdichtungseinrichtung verdichtet wird.

Vorzugsweise umfasst die Steuerungseinrichtung eine Eingabeeinrichtung zum Vorgeben der mechanischen Eigenschaften der zu erzeugenden CO₂-Pellets. Insbesondere kann mit der Eingabeeinrichtung die Dichte und/oder Größe der CO₂-Pellets vorgegeben werden. Beispielsweise kann eine Länge der CO₂-Pellets mit der Steuerungseinrichtung vorgegeben werden, so dass abhängig

von einer Reinigungsaufgabe die Größe der CO₂-Pellets individuell angepasst werden kann.

Beispielsweise kann eine Länge der CO₂-Pellets mit der Steuerungseinrichtung vorgegeben werden, so dass abhängig von einer Reinigungsaufgabe die Größe der CO₂-Pellets individuell angepasst werden kann.

Günstig ist es, insbesondere auch bei einer Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art, wenn diese ferner eine Vorverdichtungseinrichtung zum Vorverdichten von durch Entspannen von flüssigem CO₂ erzeugten CO₂-Schnees umfasst. Insbesondere kann die Vorverdichtungseinrichtung in Form einer strömungsmechanischen Vorverdichtungseinrichtung ausgebildet sein. Bei einer Vorrichtung zur Herstellung von hochfesten CO₂-Pellets zusätzlich zur Hauptverdichtungseinrichtung eine Vorverdichtungseinrichtung vorzusehen, hat insbesondere den Vorteil, dass erzeugter CO₂-Schnee, der beispielsweise durch Expansion von flüssigem CO₂ gebildet wird, nicht nur durch die Hauptverdichtungseinrichtung verdichtet wird, sondern schon bereits vorverdichtet zur Hauptverdichtungseinrichtung gelangen und von dieser dann noch weiter verdichtet werden kann. So lassen sich auf einfache Weise CO₂-Pellets, auch als Trockeneis-Pellets bezeichnet, im Vergleich zu herkömmlichen Vorrichtungen zur Herstellung von CO₂-Pellets mit deutlich höherer Dichte herstellen. Je höher jedoch die Dichte der CO₂-Pellets ist, umso besser ihre Reinigungswirkung beim Beaufschlagen einer zu reinigenden Fläche mit den CO₂-Pellets. Wird die Vorverdichtungseinrichtung insbesondere in Form einer strömungsmechanischen Vorverdichtungseinrichtung ausgebildet, auch als fluidmechanische Vorverdichtungseinrichtung bezeichnet, kann insbesondere ein konstruktiver und apparativer Aufwand zur Ausbildung der Vorrichtung deutlich verringert werden. Bei einer strömungsmechanischen Vorverdichtungseinrichtung macht man sich zu Nutze, dass es durch eine Bewegung des bei Expansion von flüssigem CO₂ entstehenden Schnees bei geeigneter Ausbildung und Ausrichtung einer Strömung sowohl des expandierenden flüssigen CO₂ als auch des erzeugten CO₂-Schnees, zu einer gewünschten Vorverdichtung des CO₂-Schnees kommt. Dies kann beispielsweise erfolgen durch Agglomeration von CO₂-

Schnee in bestimmten Bereichen der Vorverdichtungseinrichtung, beispielsweise an inneren Wandflächen derselben. Auf einfache Weise lässt sich eine solche strömungsmechanische Vorverdichtung erreichen, wenn der erzeugte CO₂-Schnee sich nicht entlang einer Hauptachse der Vorverdichtungseinrichtung bewegt, sondern schräg zu dieser verlaufend, so dass ein Kontakt mit einer inneren Wandfläche der Vorverdichtungseinrichtung ermöglicht wird. So kommt es allein aufgrund der Strömung des erzeugten CO₂-Schnees in der Vorverdichtungseinrichtung zu einer Agglomeration und Vorverdichtung des CO₂-Schnees, der dann mit der Hauptverdichtungseinrichtung weiter zu hochfesten CO₂-Pellets mit hoher Dichte weiter verdichtet werden kann.

Vorteilhaft ist es, wenn die Steuerungseinrichtung mit der Vorverdichtungseinrichtung zusammenwirkend ausgebildet ist zum Steuern einer von der Vorverdichtungseinrichtung erzeugten Menge oder eines von der Vorverdichtungseinrichtung erzeugten Volumens von CO₂-Schnee. Über die Steuerung des erzeugten CO₂-Schnees, insbesondere einer Menge oder eines Volumens desselben, lässt sich insbesondere eine Menge beziehungsweise eine Anzahl der CO₂-Pellets vorgeben. Sollen also viele CO₂-Pellets erzeugt werden, muss die Vorverdichtungseinrichtung entsprechend eine große Menge an CO₂-Schnee erzeugen. Werden nur wenige CO₂-Pellets benötigt, muss die Vorverdichtungseinrichtung entsprechend weniger CO₂-Schnee herstellen.

Günstig ist es, wenn die Vorverdichtungseinrichtung eine Expansionseinrichtung zum Erzeugen von CO₂-Schnee aus flüssigem oder gasförmigem CO₂ umfasst. Mit einer solchen Vorverdichtungseinrichtung kann mittels der Expansionseinrichtung zunächst auf einfache Weise CO₂-Schnee erzeugt werden. Die Expansionseinrichtung kann auch als Entspannungseinrichtung bezeichnet werden.

Vorteilhaft ist es, wenn die Vorverdichtungseinrichtung eine Vorverdichtungskammer zum Aufnehmen und Vorverdichten des erzeugten CO₂-Schnees umfasst und wenn die Expansionseinrichtung und die Vorverdichtungskammer miteinander fluidwirksam verbunden sind. Durch die fluidwirksame Verbindung

der Expansionseinrichtung mit der Vorverdichtungskammer kann der gesamte erzeugte CO₂-Schnee von der Vorverdichtungskammer aufgenommen und in dieser zu vorverdichtetem CO₂-Schnee weiter verdichtet und dann der Hauptverdichtungseinrichtung zugeführt werden. Durch die fluidwirksame Verbindung der Expansionseinrichtung der Vorverdichtungskammer kann zudem erreicht werden, dass es zu keiner Verstopfung der Vorverdichtungskammer kommt. Der nachströmende, unter Druck des sich expandierenden flüssigen CO₂ in die Vorverdichtungskammer einströmende CO₂-Schnee reicht aus, um beispielsweise an einer Innenwandfläche der Vorverdichtungskammer angelagerten, agglomerierten und so vorverdichteten CO₂-Schnee wieder von der Innenwandfläche durch die in der Strömung wirkenden Kräfte zu lösen und so auch der Hauptverdichtungseinrichtung zuzuführen.

Vorteilhaft ist es, wenn die strömungsmechanische Vorverdichtungseinrichtung ausgebildet ist zum Erzeugen eines gasförmigen CO₂-Stroms in der Vorverdichtungskammer, welcher mindestens teilweise auf eine Innenwandfläche der Vorverdichtungskammer ausgerichtet ist. Die Vorverdichtungseinrichtung derart auszubilden, ermöglicht zum einen eine Agglomeration von CO₂-Schnee auf der Innenwandfläche. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, dass der CO₂-Strom mindestens teilweise auf die Innenwandfläche ausgerichtet ist. Zum anderen verhindert genau ein derart ausgerichteter CO₂-Strom, dass es zu einer immer weiter zunehmenden Agglomeration von CO₂-Schnee an der Innenwandfläche kommt, denn der gasförmige CO₂-Strom, löst auch wieder den bereits agglomerierten CO₂-Schnee von der Innenwandfläche. Damit wird zum einen CO₂-Schnee vorverdichtet und zum anderen eine Verstopfung der Vorverdichtungskammer durch eine kontinuierlich zunehmende Agglomeration von CO₂-Schnee verhindert.

Vorzugsweise ist die strömungsmechanische Vorverdichtungseinrichtung ausgebildet zum Erzeugen eines spiralförmigen oder im Wesentlichen spiralförmigen gasförmigen CO₂-Stroms in der Vorverdichtungskammer. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass das flüssige CO₂ bei der Expansion teilweise gasförmig wird und das verfestigte CO₂ als CO₂-Schnee längs des definierten

Stroms durch die Vorverdichtungskammer bewegen kann. Ein spiralförmiger Strom aus gasförmigem CO₂ und CO₂-Schnee bewirkt dann wiederum zum einen eine teilweise Agglomeration von CO₂-Schnee auf der Innenwandfläche und zum anderen das Reinigen der Innenwandfläche von bereits voragglomeriertem CO₂-Schnee, um ein Verstopfen der Vorverdichtungskammer zu verhindern. Durch diese selbstreinigende Eigenschaft der vorgeschlagenen Vorverdichtungseinrichtung kann die Vorrichtung zur Herstellung von CO₂-Pellets auch im Dauerbetrieb genutzt werden.

Günstigerweise umfasst die Expansionseinrichtung eine Entspannungsdüse zum Entspannen von flüssigem oder gasförmigem CO₂. Durch Expansion kann sich flüssiges oder gasförmiges CO₂ so weit abkühlen, dass CO₂-Schnee entsteht.

Vorteilhaft ist es, wenn die Entspannungsdüse angeordnet und ausgebildet ist zum Abgeben von flüssigem CO₂ in die Vorverdichtungskammer hinein. Auf diese Weise kann insbesondere bei einer Abdichtung der Vorverdichtungskammer relativ zur Expansionseinrichtung verhindert werden, dass Wassereis in der Vorverdichtungskammer entsteht, welches zu einer Verstopfung der Vorverdichtungskammer führen könnte.

Günstig ist es, wenn die Entspannungsdüse mindestens eine Düsenaustrittsöffnung aufweist und wenn die mindestens eine Düsenaustrittsöffnung stromabwärts einer die Vorverdichtungskammer verschließenden Verschlussfläche angeordnet oder ausgebildet ist. Beispielsweise kann die Vorverdichtungskammer stromaufwärts bezogen auf die die mindestens eine Düsenaustrittsöffnung mit einem Verschlusselement verschlossen sein, welches die Verschlussfläche, die in die Vorverdichtungskammer hineinweisend ausgerichtet ist, umfasst. Die Entspannungsdüse kann dabei das Verschlusselement durchsetzen oder eine Fluidverbindung für das flüssige CO₂ kann durch das Verschlusselement hindurch ausgebildet sein, um flüssiges CO₂ zur mindestens einen Düsenaustrittsöffnung zu leiten. Durch die vorgeschlagene Positionierung der mindestens einen Düsenaustrittsöffnung kann verhindert werden, dass sich CO₂-

Schnee um die Entspannungsdüse herum im Bereich der mindestens einen Düsenaustrittsöffnung an der Verschlussfläche festsetzen und im ungünstigsten Fall die mindestens eine Düsenaustrittsöffnung verstopfen kann.

Vorzugsweise ist die mindestens eine Düsenaustrittsöffnung über die Verschlussfläche vorstehend angeordnet oder ausgebildet. Dadurch entsteht ein Raum beziehungsweise eine Hinterschneidung hinter der mindestens einen Düsenaustrittsöffnung, der stromaufwärts oder proximalseitig der mindestens einen Düsenaustrittsöffnung durch die Verschlussfläche begrenzt wird. Verwirbelungen von aus der mindestens einen Düsenaustrittsöffnung austretendem CO₂ können dann nicht zu einem Festsetzen oder Anhaften von CO₂-Schnee im Bereich der Verschlussfläche führen. Die besondere Form der Verschlussfläche kann so insbesondere in Form einer Einschneidung oder Hinterschneidung am Verschlusselement ausgebildet werden, das von der Entspannungsdüse durchsetzt wird.

Günstig ist es, wenn die Verschlussfläche eine Verschlussflächenlängsachse definiert und wenn die Verschlussfläche rotationssymmetrisch bezogen auf die Verschlussflächenlängsachse ausgebildet ist. So kann jegliche Vorzugsrichtung beim Eindüsen von flüssigem oder gasförmigem CO₂ in die Vorverdichtungskammer vermieden werden. Ferner können so insbesondere auch Bereiche der Verschlussfläche vermieden werden, in denen ein Anhaften von CO₂-Schnee begünstigende Strömungsverhältnisse vorherrschen.

Vorteilhafterweise ist die Entspannungsdüse bezogen auf die Verschlussflächenlängsachse rotationssymmetrisch angeordnet und/oder ausgebildet. Auch diese Ausgestaltung ermöglicht es, insbesondere eine Gefahr des Festsetzens von CO₂-Schnee an der Verschlussfläche im Bereich der Entspannungsdüse zu minimieren.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Verschlussfläche eine in Richtung auf die Vorverdichtungskammer hin gerichtete hohlkegelige oder im Wesentlichen hohlkegelige

Form aufweist oder sich in Richtung auf die Vorverdichtungskammer konkav oder konvex gekrümmt erweitert. Insbesondere kann sich die Verschlussfläche bis zu einer Innenwandfläche der Vorverdichtungskammer erstrecken. Ist die Vorverdichtungskammer beispielsweise aus einem Rohr ausgebildet, bildet die Innenwandfläche der Vorverdichtungskammer eine Innenwandfläche des Rohrs, bis zu welcher sich insbesondere die Verschlussfläche erstrecken kann.

Vorteilhaft ist es, wenn die Verschlussfläche einen Öffnungswinkel definiert und wenn der Öffnungswinkel in einem Bereich von etwa 90° bis etwa 150° liegt. Insbesondere kann der Öffnungswinkel auf einen nachfolgend noch näher definierten Einlasswinkel der Entspannungsdüse bezogen und größer als dieser sein. Auch eine solche Ausgestaltung minimiert das Risiko des Anhaftens und Festsetzens von CO_2 -Schnee im Bereich der Entspannungsdüse, wodurch diese verstopfen könnte.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Vorverdichtungskammer einen eine Einlasslängsachse definierenden Einlass aufweist, dass die Entspannungsdüse mindestens eine Düsenaustrittsöffnung aufweist, dass die Düsenaustrittsöffnung eine Düsenaustrittslängsachse definiert und dass die die Längsachse und die Düsenaustrittslängsachse zwischen sich einen Einlasswinkel definieren, welcher in einem Bereich von etwa 0° bis etwa 90° liegt. Insbesondere kann der Einlasswinkel in einem Bereich von etwa 35° bis etwa 70° liegen. So kann beispielsweise flüssiges CO_2 parallel zur Einlasslängsachse in die Vorverdichtungskammer eintreten oder quer, insbesondere senkrecht dazu. Ansonsten ist jede beliebige Ausrichtung zwischen diesen beiden extremen Ausrichtungen möglich. So lassen sich insbesondere spiralförmige Strömungen erzeugen, wenn der Einlasswinkel zwischen 0° und 90° liegt, beispielsweise etwa 45° beträgt.

Vorzugsweise schneiden die Düsenaustrittslängsachse und die Einlasslängsachse einander oder verlaufen windschief zueinander oder parallel zueinander. Die Entspannungsdüse kann entsprechend angeordnet werden mit ihrem Dü-

senauslass derart, dass die Düsenaustrittslängsachse und die Einlasslängsachse die beschriebenen relativen Verläufe zueinander definieren.

Um auf einfache Weise eine Bewegung des erzeugten CO₂-Schnees längs einer gekrümmten Bewegungsbahn zu erhalten, ist es vorteilhaft, wenn die Entspannungsdüse in Form einer Drall- oder Rotordüse ausgebildet ist. Eine Dralldüse definiert eine im Wesentlichen stets gleichbleibende Strömung von CO₂-Schnee in die Vorverdichtungskammer hinein und durch diese hindurch. Bei einer Rotordüse ändert sich eine Strömungsrichtung sowohl beim Einströmen in die Vorverdichtungskammer hinein als auch beim Durchströmen durch diese hindurch ständig. So kann insbesondere mit einer Rotordüse ein Verstopfen der Vorverdichtungskammer sehr wirkungsvoll verhindert werden, da sich CO₂-Schnee nicht immer an denselben Stellen der Innenwandfläche der Vorverdichtungskammer ablagern kann.

Besonders kostengünstig und auf einfache Weise ausbilden lässt sich die Vorrichtung, wenn die Vorverdichtungskammer in Form eines Rohrs ausgebildet ist. Ein Rohr kann insbesondere einen kreisförmigen, ovalen oder vieleckigen Querschnitt aufweisen. Solche Rohre lassen sich auf einfache Weise herstellen und können zudem eine Expansionseinrichtung und eine Hauptverdichtungseinrichtung auf einfache Weise fluidwirksam miteinander verbinden.

Vorteilhafterweise ist das Rohr aus einem Rohrmaterial hergestellt. Beispielsweise kann es sich dabei um einen metallischen Werkstoff oder um einen Kunststoff handeln. Auch Mischungen von metallischen Werkstoffen und Kunststoffen sind denkbar.

Vorzugsweise umfasst das Metall einen Edelstahl oder einen unlegierten Stahl. Derartige Materialien weisen im Vergleich zu Kunststoff eine Wärmeleitfähigkeit auf,

Günstig ist es, wenn der Kunststoff Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE) oder Polymethylmethacrylat (PMMA) ist oder umfasst. Beispielsweise kann

Polyethylen mit hohem Molekulargewicht wie beispielsweise PE500 zum Einsatz kommen. Derartige Kunststoffe ermöglichen auf einfache Weise die Ausbildung von Vorverdichtungskammern in Form von Rohren.

Insbesondere bei Rohren oder Vorverdichtungskammern, die aus einem metallischen Werkstoff ausgebildet sind oder eine Innenwandfläche definieren oder aufweisen, die aus einem metallischen Werkstoff hergestellt ist, ist es vorteilhaft, wenn die Innenwandfläche der Vorverdichtungskammer mit einer Antihaftbeschichtung versehen ist. Die Antihaftbeschichtung dient insbesondere dem Zweck, ein übermäßiges Anhaften von CO₂-Schnee an der Innenwandfläche zu verhindern.

Günstig ist es, wenn die Antihaftbeschichtung aus einem Kunststoff ausgebildet ist oder eine Lackierung umfasst. Insbesondere kann es sich bei der Lackierung um eine kathodische Tauchlackierung handeln. Eine derartige Antihaftbeschichtung ermöglicht es insbesondere, einen Kontakt von CO₂-Schnee mit einem metallischen Werkstoff, der die Innenwandfläche der Vorverdichtungskammer definiert, zu vermeiden.

Auf einfache Weise ausbilden lässt sich die Vorverdichtungskammer, wenn die Lackierung einen Lack auf Basis von Epoxidharz, insbesondere ungefülltes Epoxidharz, oder Acrylharz, insbesondere ungefülltes Acrylharz, umfasst.

Um die Herstellung der Vorverdichtungskammer weiter zu vereinfachen und um insbesondere auch Kosten bei der Ausbildung derselben zu minimieren, ist es vorteilhaft, wenn die Antihaftbeschichtung eine Beschichtungsdicke in einem Bereich von etwa 10 µm bis etwa 50 µm aufweist. Insbesondere kann die Beschichtungsdicke in einem Bereich von etwa 20 µm bis etwa 30 µm liegen.

Um insbesondere eine Erwärmung der Innenwandfläche möglichst zu minimieren, ist es günstig, wenn die Antihaftbeschichtung eine Wärmeleitfähigkeit in einem Bereich von etwa 0,1 W/mK bis etwa 6 W/mK aufweist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Rohmaterial eine Wärmeleitfähigkeit in einem Bereich von etwa 0,1 W/mK bis etwa 60 W/mK aufweist. Insbesondere kann die Wärmeleitfähigkeit in einem Bereich von etwa 0,1 W/mK bis etwa 6 W/mK oder in einem Bereich von etwa 12 W/mK bis etwa 55 W/mK liegen. Je nachdem, ob das Rohmaterial aus einem metallischen Werkstoff oder aus einem Kunststoff ausgebildet ist, können so gewünschte Wärmeleitfähigkeiten vorgegeben werden.

Vorzugsweise definiert die Vorverdichtungskammer eine Längsachse. Die Vorverdichtungskammer kann also insbesondere komplett geradlinig ausgebildet sein. In einem solchen Fall ist die Expansionseinrichtung vorzugsweise derart ausgebildet, dass ein in die Vorverdichtungskammer hineinströmender CO₂-Strom nicht parallel zur Längsachse der Vorverdichtungskammer verläuft, sondern quer zu dieser. Insbesondere ist eine spiralförmige oder schneckenförmige Bewegungsbahn des erzeugten CO₂-Schnees vorteilhaft, um eine Vorverdichtung von CO₂-Schnee innerhalb der Vorverdichtungskammer in der beschriebenen Weise zu erreichen.

Vorteilhaft ist es, wenn die Vorverdichtungskammer gekrümmt ausgebildet ist. Sie kann also insbesondere in Form eines gekrümmten Rohrs ausgebildet sein. Bei einer gekrümmten Vorverdichtungskammer ist es insbesondere möglich, die Entspannungsdüse so auszurichten, dass deren Düsenaustrittslängsachse parallel mit der Einlasslängsachse verläuft, also CO₂-Schnee in die Vorverdichtungskammer hinein erzeugt wird und zunächst coaxial zur Vorverdichtungskammer strömen kann. Durch die Krümmung der Vorverdichtungskammer kann dann CO₂-Schnee auf eine gekrümmte Innenwandfläche der Vorverdichtungskammer auftreffen und so zu vorverdichtetem CO₂-Schnee agglomerieren. Ist eine Innenwandfläche der Vorverdichtungskammer völlig kantenfrei, kann zudem auf einfache Weise ein Verstopfen der Vorverdichtungskammer verhindert werden. Würde als Agglomerationsbereich lediglich eine ebene, dem CO₂-Strom entgegen gerichtete Prallfläche vorgesehen,

würde ein Verstopfungsrisiko während des Betriebs der Vorrichtung signifikant erhöht werden.

Günstig ist es, wenn die Auslasslängsachse und die Einlasslängsachse zwischen sich einen Kammerwinkel einschließen, welcher in einem Bereich von etwa 0° bis etwa 180° liegt, insbesondere in einem Bereich von etwa 45° bis etwa 135° . Vorzugsweise beträgt der Kammerwinkel etwa 90° . Ein Kammerwinkel von 0° ergibt sich beispielsweise bei einer Vorverdichtungskammer in Form eines geradlinig verlaufenden Rohrs. Ein Kammerwinkel von 180° kann vorgegeben werden durch eine im Wesentlichen U-förmig verlaufende Vorverdichtungskammer, die insbesondere aus einem Rohr gebogen werden kann. Ein Kammerwinkel von 90° entspricht einer Vorverdichtungskammer, die eine gekrümmte Hauptachse aufweist, insbesondere in Form eines Viertelkreises oder einer Viertelellipse.

Ferner kann es günstig sein, wenn die Vorverdichtungskammer einen Durchmesser und eine Länge aufweist und wenn ein Verhältnis zwischen Länge und Durchmesser in einem Bereich von etwa 4:1 bis etwa 20:1 liegt. Insbesondere kann das Verhältnis in einem Bereich von etwa 6:1 bis etwa 14:1 liegen. Weiter insbesondere kann das Verhältnis etwa 7,5:1 betragen. Eine Vorverdichtungskammer in der beschriebenen Weise zu konfektionieren ermöglicht eine besonders effiziente Vorverdichtung von CO_2 -Schnee.

Um eine optimale Vorverdichtung von CO_2 -Schnee in der Vorverdichtungskammer zu erreichen und gleichzeitig wirkungsvoll ein Verstopfen derselben zu verhindern und somit einen Dauerbetrieb der Vorrichtung zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn die Vorverdichtungskammer einen Krümmungsradius aufweist und wenn ein Verhältnis zwischen Krümmungsradius und Durchmesser in einem Bereich von etwa 2:1 bis etwa 10:1 liegt. Insbesondere kann das Verhältnis in einem Bereich von etwa 2:1 bis etwa 6:1 liegen. Weiter insbesondere kann das Verhältnis etwa 2,4:1 betragen.

Vorteilhaft ist es, wenn die Vorverdichtungseinrichtung eine mechanische Vorverdichtungseinrichtung umfasst mit mindestens einem bewegbaren angeordneten Vorverdichtungselement zum Komprimieren des erzeugten CO₂-Schnees in der Vorverdichtungskammer. Insbesondere kann das mindestens eine Vorverdichtungselement alternativ oder zusätzlich zur strömungsmechanischen Ausbildung der Vorverdichtungseinrichtung vorgesehen sein. Mit dem mindestens einen bewegbar angeordneten Vorverdichtungselement kann CO₂-Schnee in definierter Weise vorkomprimiert werden, sodass er vorkomprimiert der Hauptverdichtungseinrichtung zugeführt werden kann. Zum Bewegen des Vorverdichtungselements kann ein separater Antrieb vorgesehen sein.

Auf einfache Weise ausbilden lässt sich eine mechanische Vorverdichtungseinrichtung, wenn das mindestens eine Vorverdichtungselement in Form eines Druckglieds, insbesondere in Form eines Stempels oder eines Kolbens, oder in Form einer Walze ausgebildet ist.

Ferner ist es günstig, wenn die Vorverdichtungseinrichtung einen CO₂-Anschluss zum Verbinden mit einer flüssiges CO₂ enthaltenden CO₂-Quelle umfasst. Diese Ausgestaltung ermöglicht es insbesondere, die Vorrichtung in Verbindung mit einem mobilen Reinigungsgerät zu nutzen.

Vorzugsweise steht der CO₂-Anschluss in fluidwirksamer Verbindung mit der Expansionseinrichtung, insbesondere mit der Entspannungsdüse. So lässt sich auf einfache Weise CO₂-Schnee erzeugen.

Vorteilhaft ist es, wenn die Vorrichtung eine flüssiges CO₂ enthaltende CO₂-Quelle umfasst, die mit der Vorverdichtungseinrichtung fluidwirksam verbunden ist. Auf diese Weise kann insbesondere eine Vorrichtung für einen mobilen Betrieb oder Einsatz ausgebildet werden.

Günstig ist es, wenn die Vorverdichtungseinrichtung eine hydraulische Schalteinrichtung umfasst zum Öffnen und Schließen einer Fluidverbindung zwischen dem CO₂-Anschluss und der Expansionseinrichtung und/oder zwischen der

CO₂-Quelle und der Expansionseinrichtung. Die hydraulische Schalteinrichtung ermöglicht es insbesondere, die Zufuhr von flüssigem oder gasförmigem CO₂ von der CO₂-Quelle zur Expansionseinrichtung zu unterbrechen oder freizugeben. So kann insbesondere die Menge des mit der Vorrichtung hergestellten CO₂-Schnees gezielt gesteuert werden, beispielsweise in einem gleichmäßigen Takt. Abhängig von einer gewünschten CO₂-Schnee-Menge kann dann beispielsweise eine Taktfrequenz erhöht oder erniedrigt werden.

Auf einfache Weise ausbilden lässt sich die hydraulische Schalteinrichtung, wenn diese mindestens ein Magnetventil zum Öffnen und Schließen der Fluidverbindung zwischen dem CO₂-Anschluss und der Expansionseinrichtung und/oder zwischen der CO₂-Quelle und der Expansionseinrichtung umfasst. Das mindestens eine Magnetventil lässt sich auf einfache Weise elektrisch ansteuern und so die Herstellung von CO₂-Schnee durch Entspannung von flüssigem oder gasförmigem CO₂ in die Vorverdichtungskammer hinein aktivieren oder deaktivieren.

Vorteilhaft ist es, wenn die Steuerungseinrichtung mit der hydraulischen Schalteinrichtung zusammenwirkend ausgebildet ist zum definierten Öffnen und Schließen der Fluidverbindung zwischen dem CO₂-Anschluss und der Expansionseinrichtung und/oder zwischen der CO₂-Quelle und der Expansionseinrichtung. Auf diese Weise kann mit der Schaltungseinrichtung die hydraulische Schalteinrichtung in gewünschter Weise aktiviert oder deaktiviert werden zum Öffnen und Schließen der genannten Fluidverbindung.

Ferner kann es günstig sein, wenn die Steuerungseinrichtung eine Taktvorgabeeinrichtung umfasst zum Vorgeben einer Taktfrequenz für die hydraulische Schalteinrichtung. Mit der Taktvorgabeeinrichtung kann beispielsweise eine Aktivierung oder Deaktivierung der hydraulischen Schalteinrichtung in regelmäßigen Abständen erfolgen. Insbesondere kann die Taktvorgabeeinrichtung auch ausgebildet sein, um ein zeitliches Verhältnis zwischen einer Offenstellung und einer Schließstellung der Fluidverbindung vorzugeben. Viel CO₂-

Schnee kann dann erzeugt werden, indem die hydraulische Schalteinrichtung die Fluidverbindung länger öffnet als schließt.

Vorzugsweise umfasst die Taktvorgabeeinrichtung eine Puls-Weiten-Modulationseinrichtung zum Vorgeben von Zeitfenstern, während denen die hydraulische Schalteinrichtung die Fluidverbindung zwischen dem CO₂-Anschluss und der Expansionseinrichtung und/oder zwischen der CO₂-Quelle und der Expansionseinrichtung öffnet und schließt. Insbesondere können mit einer derartigen Puls-Weiten-Modulationseinrichtung Tastraten zwischen dem Öffnen und Schließen der Fluidverbindung vorgegeben und gegebenenfalls auch geändert werden, beispielsweise in diskreten Schritten oder auch stufenlos.

Einfach und kostengünstig ausbilden und einsetzen lässt sich die Vorrichtung, wenn die CO₂-Quelle ein flüssiges CO₂ enthaltender Druckbehälter ist. So lässt sich flüssiges CO₂ einfach und kostengünstig bevorraten und für eine mobile Vorrichtung zum Erzeugen von Pellets nutzen.

Auf einfache Weise lässt sich flüssiges CO₂ zur Vorverdichtungseinrichtung leiten, wenn die flüssige CO₂-Quelle über eine Verbindungsleitung fluidwirksam mit der Vorverdichtungseinrichtung verbunden ist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Hauptverdichtungseinrichtung in Form einer Extrudiereinrichtung ausgebildet ist. Mit einer solchen Extrudiereinrichtung lassen sich CO₂-Pellets insbesondere mit einer definierten Querschnittsfläche herstellen.

Günstigerweise umfasst die Extrudiereinrichtung mindestens eine Extrusionsmatrize mit einer Mehrzahl von Durchbrechungen. So können gleichzeitig mehrere CO₂-Stränge zur Ausbildung von CO₂-Pellets erzeugt werden. Dabei ist es insbesondere vorteilhaft, wenn die mindestens eine Extrusionsmatrize drehbar angeordnet ist. Beispielsweise kann sie Teil eines nachfolgend noch beschriebenen Verdichterrads und/oder eines korrespondierenden Aufnahme-rads sein. So lässt sich auf besonders einfache und kompakte Weise ein

Zahnradverdichter mit Extrudiereinrichtung ausbilden. Die Extrusionsmatrize kann insbesondere am Verdichterrad und/oder am Aufnahmerad angeordnet oder ausgebildet sein, sodass CO₂-Pellets beispielsweise durch radiale Extrusion, insbesondere von außen nach innen in Richtung auf eine Drehachse des Verdichterrads beziehungsweise des Aufnahmerads hin, hergestellt werden können, indem CO₂-Schnee durch geeignet geformte Durchbrechungen hindurch komprimiert wird, die beispielsweise mit am Verdichterrad und am Aufnahmerad ausgebildeten Schneeaufnahmen in Fluidverbindung stehen. Die Extrusionsmatrize kann also insbesondere in das Verdichterrad und/oder das Aufnahmerad bildende, jeweils außen verzahnte Zahnräder integriert sein. Die Zahnräder können insbesondere schräg verzahnt sein. Beispielsweise können die Durchbrechungen Verdichtungselemente durchsetzen, also zum Beispiel Zähne der Zahnräder. Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, dass Durchbrechungen vorgesehen sind, welche das Verdichterrad und/oder das Aufnahmerad zwischen benachbarten Verdichtungselementen durchsetzen und direkt in Schneeaufnahmen münden. Dies kann insbesondere dadurch realisiert werden, dass Durchbrechungen auf einer Außenseite des Verdichterrads oder des Aufnahmerads zwischen Zähnen derselben enden.

Vorzugsweise ist die Extrudiereinrichtung in Form eines Zahnradverdichters ausgebildet. Wie vorstehend bereits erläutert, können so auf einfache Weise und in einem kontinuierlichen Prozess CO₂-Pellets in Strangform extrudiert werden.

Besonders einfach und kompakt ausbilden lässt sich die Vorrichtung, wenn der Zahnradverdichter mindestens ein um eine erste Drehachse rotierbar gelagertes Verdichterrad mit einer Mehrzahl von Verdichtungselementen und mindestens ein mit dem mindestens einen Verdichterrad zusammenwirkendes, um eine zweite Drehachse rotierbar gelagertes Aufnahmerad mit einer Mehrzahl von korrespondierend zu den Verdichtungselementen ausgebildeten Schneeaufnahmen zum Aufnehmen von CO₂-Schnee umfasst. Insbesondere können das Verdichterrad und das Aufnahmerad identisch ausgebildet sein und so auch gleichzeitig identische Funktionen ausüben. Zudem kann für die Funktion

des Zahnradverdichters ein Antrieb vorgesehen sein, welcher das Verdichterrad und/oder das Aufnahmerad antreibt. Sind das Verdichterrad und das Aufnahmerad schrägverzahnt, ist das eine linksschräg und das andere rechts-schräg verzahnt.

Der Aufbau der Vorrichtung vereinfacht sich weiter, wenn die erste und die zweite Drehachse parallel oder im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Steuerungseinrichtung mit dem Zahnradverdichter zusammenwirkend ausgebildet ist zum Steuern einer Drehzahl des Zahnradverdichters. Über die Drehzahl des Verdichterrads und des mit diesem zusammenwirkenden Aufnahmerads kann die Menge des CO₂-Schnees, der sich in die Schneeaufnahmen absetzen kann, beeinflusst werden. Je höher die Drehzahl, desto weniger CO₂-Schnee kann in den Schneeaufnahmen aufgenommen werden beziehungsweise desto mehr verteilt sich der CO₂-Schnee auf alle vorhandenen Schneeaufnahmen. Umgekehrt verhält es sich, wenn sich das Verdichterrad und das Aufnahmerad langsamer drehen. Dann kann mehr CO₂-Schnee in derselben Zeit in die Schneeaufnahmen gelangen. Je mehr CO₂-Schnee in eine Schneeaufnahme aufgenommen wird, umso stärker wird dieser CO₂-Schnee kompaktiert. Durch den dann so wirkenden höheren Druck auf den CO₂-Schnee werden härtere CO₂-Pellets mit höherer Dichte und damit höherer Qualität erzeugt. Insbesondere kann so auch eine Größe der CO₂-Pellets variiert werden, und zwar dadurch, dass mehr CO₂-Schnee pro Zeiteinheit in die Schneeaufnahmen eingebracht wird.

Vorteilhaft ist es, wenn die Steuerungseinrichtung mit der Hauptverdichtungseinrichtung zusammenwirkend ausgebildet ist zum Steuern einer Betriebsart der Hauptverdichtungseinrichtung. Beispielsweise kann mit der Steuerungseinrichtung gewählt werden zwischen harten und weichen CO₂-Pellets. Insbesondere kann eine Härte oder Dichte der CO₂-Pellets in diskreten Schritten oder auch kontinuierlich vorgegeben werden. Insbesondere kann die Betriebsart der

Hauptverdichtungseinrichtung korrelieren mit einer Drehzahl des Zahnradverdichters.

Günstigerweise ist die Mehrzahl von Verdichtungselementen in Form von in radialer Richtung vom Verdichterrads abstehenden Zähnen ausgebildet und/oder ist die Mehrzahl von Schneeaufnahmen in Form von in radialer Richtung geöffneten Vertiefungen ausgebildet. Beispielsweise können konventionelle Zahnräder zur Ausbildung des Verdichterrads genutzt werden. Insbesondere können auch zwei oder mehr Verdichterräder zum Einsatz kommen. Beispielsweise können deren Zähne in Umfangsrichtung versetzt angeordnet sein, so dass Zähne benachbarter Zahnräder auf Höhe der Zahnzwischenräume angeordnet sind. Zähne des Verdichterrads können zudem auf einfache Weise mit Zähnen des Aufnahmerads kämmen, wobei die Schneeaufnahmen zwischen Zähnen des Aufnahmerads ausgebildet sind. So kann insbesondere durch identische Ausbildung des Verdichterrads und des Aufnahmerads auch, wie bereits erwähnt, eine Funktion beider Räder kombiniert werden.

Besonders einfach werden der Aufbau und die Herstellung der Vorrichtung, wenn das mindestens eine Verdichterrads und das mindestens eine Aufnahmerads identisch oder im Wesentlichen identisch ausgebildet sind. Beispielsweise können das mindestens eine Verdichterrads und das mindestens eine Aufnahmerads in Form identischer Zahnräder ausgebildet sein, wobei jeweils Zahnzwischenräume zwischen Verdichtungselemente ausbildenden Zähnen der Zahnräder Schneeaufnahmen ausbilden. Zudem lässt sich so auch eine besonders kompakte Vorrichtung zur Herstellung von CO₂-Pellets aus CO₂-Schnee ausbilden.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn jede der Mehrzahl von Durchbrechungen eine Längsachse definiert, die sich radialer oder im Wesentlichen in radialer Richtung von der ersten oder zweiten Drehachse weg erstreckt. So lässt sich insbesondere eine zylindrische Extrusionsmatrize ausbilden. Durch die Anordnung der Durchbrechungen ist es insbesondere möglich, dass die Verdichtungsele-

mente CO₂-Schnee in den Schneeaufnahmen durch dafür vorgesehene Durchbrechungen hindurchpressen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass sich die Mehrzahl von Durchbrechungen im Querschnitt in Richtung auf die erste oder zweite Drehachse verjüngt. Insbesondere können die Durchbrechungen konisch ausgebildet sein und ausgehend von den Schneeaufnahmen einen größeren Querschnitt aufweisen als beim Durchbruch zum Verdichterradhülseninnenraum oder zum Aufnahmeradhülseninnenraum. Eine solche Querschnittsverjüngung kann linear oder auch nicht linear ausgebildet sein. Eine innere Wandfläche der Mehrzahl von Durchbrechungen kann hohlkegelig oder auf die Schneeaufnahmen hinweisend konkav oder konvex gekrümmt ausgebildet sein.

Um zu vermeiden, dass im Bereich der Durchbrechungen Kanten ausgebildet werden, ist es vorteilhaft, wenn die Mehrzahl von Durchbrechungen versenkt oder abgerundet ausgebildet ist.

Vorzugsweise steht jede Schneeaufnahme mit mindestens einer Durchbrechung in Fluidverbindung. Dies ist insbesondere möglich, wenn die Durchbrechung in die Schneeaufnahme mündet oder wenn die Durchbrechung ein Verdichtungselement durchsetzt, welches Verdichtungselement mit einer Schneeaufnahme zusammenwirkt. Steht jede Schneeaufnahme mit genau einer Durchbrechung in Fluidverbindung, so kann durch das Zusammenwirken eines Verdichtungselements und einer Schneeaufnahme beim Ineinandergreifen derselben genau ein CO₂-Pellet gebildet werden. Die Anzahl der über den Umfang des Verdichterrads verteilten Verdichtungselemente sowie der über den Umfang verteilten Schneeaufnahmen des Aufnahmerads bestimmt somit die Zahl der pro Umdrehung von Verdichterrad beziehungsweise Aufnahmerad ausbildbaren CO₂-Pellets.

Vorteilhaft ist es, wenn das Verdichterrad eine Verdichterradhülse mit einer Verdichterradhülsenwand umfasst und wenn die Verdichtungselemente auf

einer Außenseite der Verdichterradhülse angeordnet oder ausgebildet sind. Auf diese Weise kann der Zahnradverdichter besonders leicht, also mit geringem Gewicht, ausgebildet werden. Zudem kann ein von der Verdichterradhülse definierter Innenraum zur Aufnahme der hergestellten CO₂-Pellets dienen.

Günstig ist es, wenn das Aufnahmerad eine Aufnahmeradhülse mit einer Aufnahmeradhülsenwand umfasst und wenn die Schneeaufnahmen in der Aufnahmeradhülsenwand angeordnet oder ausgebildet sind. So lässt sich auf einfache Weise eine kontinuierlich betreibbare Hauptverdichtungseinrichtung ausbilden.

Für einen einfachen, automatischen Betrieb der Vorrichtung ist es günstig, wenn sie eine Antriebseinrichtung zum Antreiben des mindestens einen Verdichterrads und/oder des mindestens einen Aufnahmerads aufweist. Durch die Antriebseinrichtung können das mindestens eine Verdichterrad und/oder das mindestens eine Aufnahmerad angetrieben werden und optional auch CO₂-Schnee zwischen diesen fördern. Die Antriebseinrichtung kann insbesondere als externer Synchronantrieb ausgebildet werden, der sowohl das Verdichterrad als auch das Aufnahmerad antreibt, und zwar derart, dass die zusammenwirkenden Verdichtungselemente und Schneeaufnahmen einander nicht berühren, also ein möglichst definierter Spalt zwischen diesen ausgebildet wird.

Vorteilhaft ist es zudem, wenn die Steuerungseinrichtung mit der Antriebseinrichtung zusammenwirkend ausgebildet ist zum Steuern einer Drehzahl der Antriebseinrichtung. Über die Drehzahl der Antriebseinrichtung kann insbesondere eine Drehzahl des Zahnradverdichters vorgegeben und damit, wie oben beschrieben, eine Qualität der CO₂-Pellets eingestellt werden. Mit der Vorverdichtungseinrichtung lässt sich also im Wesentlichen eine Menge der CO₂-Pellets vorgeben, mit der Drehzahl der Antriebseinrichtung oder des Zahnradverdichters eine Qualität der CO₂-Pellets.

Auf einfache Weise lässt sich die Drehzahl der Antriebseinrichtung steuern, wenn die Steuerungseinrichtung eine Drehzahlvorgabeeinrichtung umfasst. Insbesondere kann die Drehzahlvorgabeeinrichtung ausgebildet sein zum Steuern einer Drehzahl des Zahnradverdichters oder der Antriebseinrichtung. So kann in der beschriebenen Weise die Drehzahl des Zahnradverdichters oder der Antriebseinrichtung variiert werden, um Pellets unterschiedlicher Qualität, insbesondere mit höherer oder geringerer Dichte sowie Größe oder kleiner, auszubilden.

Günstig ist es, wenn die Vorrichtung eine Abstreifeinrichtung zum Abstreifen der ausgebildeten CO₂-Pellets von dem mindestens einen Verdichterrad und/oder von dem mindestens einen Aufnahmerad umfasst. Insbesondere kann die Abstreifeinrichtung derart angeordnet oder ausgebildet sein, dass beispielsweise durch die Verdichtungseinrichtung ausgebildete CO₂-Stränge abgetrennt werden zur Ausbildung im Wesentlichen gleichlanger CO₂-Pellets.

Vorteilhaft ist es, wenn die Abstreifeinrichtung mindestens ein Abstreifelement umfasst, welches in einem von der Verdichterradhülse definierten Verdichterradhülseninnenraum oder in einem von der Aufnahmeradhülse definierten Aufnahmeradhülseninnenraum angeordnet oder ausgebildet ist oder in diese mindestens teilweise hineinragt. Diese Ausgestaltung ermöglicht es insbesondere, mit dem mindestens einen Abstreifelement durch die Verdichterradhülse beziehungsweise die Aufnahmeradhülse hindurch extrudierte CO₂-Pellets durch Abstreifen eines extrudierten CO₂-Strangs auszubilden. Insbesondere kann das mindestens eine Abstreifelement rotierbar angeordnet oder ausgebildet sein, beispielsweise um eine Längsachse, welche parallel oder im Wesentlichen parallel zu einer Längsachse des Verdichterrads oder des Aufnahmerads verläuft.

Günstig ist es, wenn das mindestens eine Abstreifelement eine Abstreifkante umfasst, welche eine den Verdichterradhülseninnenraum begrenzende Verdichterradhülseninnenfläche der Verdichterradhülse berührt oder nahezu berührt oder eine den Aufnahmeradhülseninnenraum begrenzende Aufnahmeradhülseninnenfläche der Aufnahmeradhülse berührt oder nahezu berührt. Mit

einer solchen Abstreifkante können CO₂-Pellets, die beispielsweise durch eine Durchbrechung der Verdichterradhülse oder der Aufnahmeradhülse hindurch extrudiert werden, auf einfache und sichere Weise abgestreift werden. Je nach Positionierung des Abstreifelements beziehungsweise der Abstreifkante desselben kann so die Länge der herzustellenden CO₂-Pellets eingestellt werden.

Vorteilhaft ist es, wenn die Hauptverdichtungseinrichtung einen Pelletauslass zum Abgeben von CO₂-Pellets aufweist. Dieser kann insbesondere parallel zur ersten oder zweiten Drehachse ausgerichtet sein oder quer, insbesondere senkrecht, zur ersten oder zweiten Drehachse verlaufen. Die erstgenannte Ausrichtung des Pelletauslasses ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Vorrichtung eine Extrudiereinrichtung umfasst. Werden die CO₂-Pellets durch das mindestens eine Verdichterrad und das mit diesem zusammenwirkende mindestens eine Aufnahmerad ausgebildet, ist die Anordnung beziehungsweise Ausrichtung des Pelletauslasses quer zur ersten oder zweiten Drehachse besonders günstig.

Vorzugsweise ist der Pelletauslass in Schwerkraftrichtung unterhalb der Hauptverdichtungseinrichtung angeordnet oder ausgebildet. So können hergestellte CO₂-Pellets allein aufgrund der wirkenden Schwerkraft aus der Hauptverdichtungseinrichtung austreten.

Günstig ist es, wenn der Pelletauslass mit einem Zwischenspeicher zum Zwischenspeichern erzeugter CO₂-Pellets in fluidwirksamer Verbindung steht. Der Zwischenspeicher ermöglicht es insbesondere, sowohl bei einem diskontinuierlichen Herstellungsvorgang der CO₂-Pellets als auch bei einem diskontinuierlichen Strahlvorgang mit den CO₂-Pellets stets genügend CO₂-Pellets verfügbar zu halten.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Pelletauslass oder der Zwischenspeicher mit einer Übergabeeinrichtung zum Übergeben erzeugter CO₂-Pellets in eine CO₂-Pellet-Beschleunigungseinrichtung zum Beschleunigen derselben in fluidwirksamer

Verbindung steht. Die vorgeschlagene Ausgestaltung ermöglicht insbesondere einen kontinuierlichen Betrieb der Vorrichtung zum Erzeugen von CO₂-Pellets zum Einsatz in Verbindung mit einem Reinigungsgerät. Auch ein diskontinuierlicher Betrieb der Vorrichtung ist möglich, und zwar insbesondere dann, wenn ein Zwischenspeicher vorgesehen ist.

Günstig ist es, wenn die Vorrichtung eine Drucktrenneinrichtung zur Ausbildung einer Druckstufe zwischen der Expansionseinrichtung und dem Pelletauslass aufweist. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Drucktrenneinrichtung zwischen der Verdichtungseinrichtung und der Beschleunigungseinrichtung angeordnet oder ausgebildet ist. Beispielsweise können im Bereich der Drucktrenneinrichtung Drücke deutlich höher als Atmosphärendruck herrschen, um durch Expansion des Gases CO₂-Schnee auszubilden. Vorzugsweise herrscht am Pelletauslass Atmosphärendruck. So können die CO₂-Pellets beispielsweise ohne besondere Schwierigkeiten in einen Zwischenspeicher oder direkt in eine CO₂-Pellet-Beschleunigungseinrichtung übergeben werden. Um die Ausbildung zu hoher Drucke insbesondere in der Vorverdichtungseinrichtung zu vermeiden, kann optional an der Vorverdichtungseinrichtung, insbesondere an der Vorverdichtungskammer, ein Überdruckventil vorgesehen sein, welches einen maximalen in der Vorverdichtungskammer herrschenden Druck vorgibt.

Vorteilhaft ist es, wenn die Drucktrenneinrichtung mindestens ein gasdichtes oder im Wesentlichen gasdichtes Dichtelement umfasst und wenn das mindestens eine Dichtelement zwischen der Expansionseinrichtung und dem Pelletauslass angeordnet ist. Das Dichtelement kann insbesondere in Form einer Kunststoffdichtung ausgebildet sein, die am mindestens einen Verdichterrad und/oder am mindestens einen Aufnahmerad ausgebildet ist.

Besonders einfach ausbilden lässt sich die Drucktrenneinrichtung, wenn das mindestens eine Dichtelement aus CO₂-Schnee, insbesondere komprimiertem CO₂-Schnee, ausgebildet ist. Der zu CO₂-Pellets zu verarbeitende, vorverdichtete CO₂-Schnee übt auf diese Weise eine Doppelfunktion aus. Er dient nicht

nur als Ausgangsmaterial zur Ausbildung hochfester CO₂-Pellets mit hoher Dichte, sondern dichtet auch insbesondere das mindestens eine Verdichterrad und das mindestens eine Aufnahme­rad gegeneinander ab, sodass eine Drucktrennungseinrichtung zwischen der Expansionseinrichtung und dem Pelletauslass ausgebildet wird.

Vorzugsweise ist das mindestens eine Dichtelement zwischen dem mindestens einen Verdichterrad und dem mindestens einen Aufnahme­rad angeordnet oder ausgebildet. So kann der Zahnradverdichter insbesondere dann, wenn das mindestens eine Dichtelement aus CO₂-Schnee ausgebildet ist, auch die Drucktrenneinrichtung bilden beziehungsweise einen Teil desselben.

Die eingangs gestellte Aufgabe wird ferner bei einem Reinigungsgerät der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass es eine der oben beschriebenen Vorrichtungen zur Herstellung von hochfesten CO₂-Pellets aus CO₂-Schnee umfasst. Mit einem solchen Reinigungsgerät ist es möglich, Oberflächen durch Bestrahlen mit einem Gemischstrom aus einem Druckgas, beispielsweise Druckluft, und CO₂-Pellets zu behandeln. Die dazu eingesetzten CO₂-Pellets hoher Dichte können direkt im beziehungsweise durch das Reinigungsgerät erzeugt werden. Dieses ermöglicht einen minimalen Einsatz an flüssigem CO₂ oder CO₂-Gas zur Herstellung von CO₂-Schnee als Ausgangsmaterial zur Ausbildung der CO₂-Pellets.

Vorteilhaft ist es, wenn das Reinigungsgerät einen CO₂-Anschluss zum Verbinden mit einer flüssiges CO₂ enthaltenden CO₂-Quelle oder eine flüssiges CO₂ enthaltende CO₂-Quelle umfasst. Diese Ausgestaltung ermöglicht es beispielsweise, die Vorrichtung in Verbindung mit einem mobilen Reinigungsgerät zu nutzen.

Günstigerweise umfasst das Reinigungsgerät einen Druckgasanschluss zum Verbinden mit einer Druckgaserzeugungseinrichtung oder eine Druckgaserzeugungseinrichtung. Je nachdem, ob das Gerät in einem Bereich zum Einsatz kommt, wo ein Druckgasanschluss zur Verfügung steht oder nicht, kann so auf

die jeweils einfachste Weise Druckgas genutzt beziehungsweise erzeugt werden zur Ausbildung eines Gemischstroms aus Druckgas und CO₂-Pellets.

Vorzugsweise umfasst das Reinigungsgerät eine Übergabeeinrichtung zum Übergeben der mit der Vorrichtung erzeugten hochfesten CO₂-Pellets in eine CO₂-Pellet-Beschleunigungseinrichtung zur Beschleunigung derselben. Beispielsweise können CO₂-Pellets aus der Hauptverdichtungseinrichtung oder einem Zwischenspeicher mittels der Übergabeeinrichtung derart weitergeleitet werden, dass sie vor der Übergabe in einen Druckgasstrom oder durch diesen beschleunigt werden zum Ausbilden eines Gemischstroms aus Druckgas und CO₂-Pellets.

Um einen möglichst guten Reinigungseffekt zu erhalten, ist es vorteilhaft, wenn die CO₂-Pellets mit einer hohen Geschwindigkeit auf die zu behandelnden Oberflächen auftreffen. Dazu ist es günstig, wenn das Reinigungsgerät eine CO₂-Pellet-Beschleunigungseinrichtung umfasst. Diese kann insbesondere eine mit dem Druckgasanschluss oder der Druckgaserzeugungseinrichtung in Fluidverbindung stehende Druckgasleitung umfassen. Wird Druckgas durch die Druckgasleitung geleitet, können in diese eingebrachte CO₂-Pellets auf einfache und definierte Weise beschleunigt werden. Eine Geschwindigkeit der CO₂-Pellets lässt sich insbesondere durch eine Strömungsgeschwindigkeit des Druckgases beziehungsweise den in der Druckgasleitung herrschenden Druck einstellen.

Vorteilhaft ist es, wenn die Übergabeeinrichtung und/oder die CO₂-Pellet-Beschleunigungseinrichtung mindestens eine Venturi-Düse umfassen. Die mindestens eine Venturi-Düse erzeugt einen Unterdruck, welcher insbesondere CO₂-Pellets in die Druckgasleitung hineinsaugen kann, wenn die Venturi-Düse mit der Druckgasleitung in Fluidverbindung steht beziehungsweise einen Teil derselben bildet.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass Übergabeeinrichtung stromabwärts einen Strahlanschluss

umfasst zum Verbinden mit einer Strahlleitung oder dass die Übergabeeinrichtung stromabwärts mit einer Strahlleitung in Fluidverbindung steht. So kann beispielsweise an das Reinigungsgerät eine Strahlleitung angeschlossen werden, um den Gemischstrom genau dort hinzuleiten, wo er benötigt wird.

Vorzugsweise ist an einem freien Ende der Strahlleitung eine Strahldüse angeordnet oder ausgebildet. So kann der Gemischstrom beispielsweise in definierter Weise gebündelt oder fokussiert werden, um Oberflächen sehr präzise zu behandeln, beispielsweise von Schutz zu reinigen.

Vorteilhaft ist es, wenn das Reinigungsgerät einen CO₂-Pellet-Zwischenspeicher zum Zwischenspeichern der erzeugten CO₂-Pellets umfasst. So können die Herstellung und das Ausbringen der CO₂-Pellets beispielsweise mit der Strahldüse, vollständig getrennt voneinander werden. Insbesondere wird dadurch sowohl ein diskontinuierlicher Betrieb bei der Herstellung der CO₂-Pellets als auch ein diskontinuierlicher Betrieb beim Ausbringen der CO₂-Pellets durch die Strahlleitung beziehungsweise die Strahldüse möglich. Der CO₂-Pellet-Zwischenspeicher dient somit als Pufferspeicher.

Günstig ist es, wenn der CO₂-Pellet-Zwischenspeicher einerseits mit der Hauptverdichtungseinrichtung und andererseits mit der Übergabeeinrichtung direkt oder indirekt in Fluidverbindung steht. So kann auf einen umständlichen Transport der CO₂-Pellets im Wesentlichen verzichtet werden. Beispielsweise kann der CO₂-Pellet-Zwischenspeicher derart angeordnet sein, dass die CO₂-Pellets aus der Hauptverdichtungseinrichtung direkt in den CO₂-Pellet-Speicher hineinfallen durch einen Einlass des CO₂-Pellet-Zwischenspeichers und andererseits durch einen entsprechenden Auslass entnommen und insbesondere an die Übergabeeinrichtung direkt oder indirekt übergeben werden können.

Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung dient im Zusammenhang mit den Zeichnungen der näheren Erläuterung. Es zeigen:

- Figur 1: eine schematische Darstellung eines Reinigungsgeräts zum Bestrahlen von zu behandelnden Oberflächen mit einem Gemischstrom aus einem Druckgas und CO₂-Pellets;
- Figur 2: eine weitere schematische Darstellung eines Reinigungsgeräts zum Bestrahlen von zu behandelnden Oberflächen mit einem Gemischstrom aus einem Druckgas und CO₂-Pellets;
- Figur 3: eine schematische, teilweise durchbrochene perspektivische Darstellung einer Vorrichtung zur Erzeugung hochfester CO₂-Pellets umfassend eine Vorverdichtungseinrichtung und eine Hauptverdichtungseinrichtung;
- Figur 4: eine weitere perspektivische, teilweise geschnittene Ansicht der Anordnung aus Figur 3;
- Figur 5: eine schematische, teilweise geschnittene Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Expansionseinrichtung;
- Figur 6: eine perspektivische, teilweise durchbrochene Ansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Expansionseinrichtung;
- Figur 6: eine schematische Darstellung einer Eingabeeinrichtung;
- Figur 7: eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Eingabeeinrichtung;
- Figur 8: eine schematische vergrößerte Schnittansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels eines Zahnradverdichters;

Figur 9: eine schematische Darstellung einer Steuerungseinrichtung der Vorrichtung im Zusammenwirken mit einzelnen Elementen der Vorrichtung; und

Figur 10: eine Schnittansicht längs Linie 10-10 in Figur 5.

In Figur 1 ist schematisch ein insgesamt mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnetes Reinigungsgerät zum Bestrahlen von zu behandelnden Oberflächen mit einem Gemischstrom 12 aus einem Druckgas 14 und CO₂-Pellets 16 dargestellt.

Das Reinigungsgerät 10 umfasst ein Gehäuse 18, an welchem ein CO₂-Anschluss 20 angeordnet ist, welcher über eine CO₂-Leitung 22 mit einem CO₂-Speicher 24, beispielsweise in Form einer CO₂-Druckgasflasche, verbunden ist. Diese kann insbesondere flüssiges CO₂ enthalten. Einem Auslass 26 des CO₂-Speichers nachgeschaltet ist eine mindestens ein Ventil umfassende Ventilanordnung 28, um flüssiges CO₂ aus dem CO₂-Speicher 24 durch die CO₂-Leitung 22 zu leiten.

Der CO₂-Anschluss 20 steht über eine Verbindungsleitung 30 mit einer Vorverdichtungseinrichtung 31 in Fluidverbindung. Die Vorverdichtungseinrichtung 31 umfasst eine Expansionseinrichtung 34 und eine mit dieser fluidwirksam in Verbindung stehenden Vorverdichtungskammer 38. Die Verbindungsleitung 30 steht mit einer Entspannungsdüse 32 der Expansionseinrichtung 34 in Fluidverbindung. Das flüssige CO₂ wird durch die Entspannungsdüse 32 expandiert und bildet CO₂-Schnee 36, welcher sich in der Vorverdichtungskammer 38 sammelt und durch Agglomeration vorverdichtet wird. Der CO₂-Schnee wird durch einen Strom aus CO₂-Gas und CO₂-Schnee 36 weiter gefördert.

Optional kann das Reinigungsgerät 10 ferner eine Abscheideeinrichtung 40 umfassen, um den hergestellten CO₂-Schnee 36 von nicht verfestigtem CO₂-Gas zu trennen.

Das Reinigungsgerät 10 umfasst ferner eine Vorrichtung 42 zur Herstellung von hochfesten CO₂-Pellets 16 aus CO₂-Schnee 36, die die Vorverdichtungseinrichtung 31 und eine Hauptverdichtungseinrichtung 44 zum Verdichten von CO₂-Schnee 36 zur Ausbildung von CO₂-Pellets 16 umfasst. Die Hauptverdichtungseinrichtung 44 ist in Form eines Zahnradverdichters 46 ausgebildet.

Die ausgebildeten CO₂-Pellets 16 werden an eine Übergabeeinrichtung 48 übergeben, welche über eine Druckgasleitung 50 mit einem Druckgasanschluss 52 in Fluidverbindung steht. Dieser kann mit einer externen Druckgasquelle 54 verbunden werden, die Druckgas, beispielsweise Druckluft bereitstellt. Optional kann das Reinigungsgerät 10 auch eine Druckgasquelle 56 umfassen, beispielsweise eine Druckluftflasche oder einen Kompressor zur Erzeugung von Druckluft mit einem gewünschten Druck.

Nach der Übergabeeinrichtung 48 wird ein Gemischstrom 12 gebildet durch das Druckgas und die darin eingebrachten CO₂-Pellets 16. Mit einer Beschleunigungseinrichtung 58 werden die CO₂-Pellets 16 durch das Druckgas im Gemischstrom 12 beschleunigt. Die Beschleunigungseinrichtung 58 ist über eine Leitung 60 mit einem stromabwärts angeordneten Strahlanschluss 62 in Fluidverbindung stehend. An den Strahlanschluss 62 kann optional eine Strahlleitung 64 angeschlossen werden oder dauerhaft angeschlossen sein. An einem freien Ende der Strahlleitung 64 ist optional eine Strahldüse 66 angeordnet, welche optional ein Ventil 68 umfassen kann zur Regelung der Form und/oder der Stärke eines aus der Strahldüse 66 austretenden Partikelstrahls 70, welcher die vom Druckgas bewegten CO₂-Pellets 16 umfasst.

Das Reinigungsgerät 10 kann optional fahrbar ausgebildet sein und ein mindestens drei Räder 72 umfassendes Fahrgestell 74 aufweisen. Optional kann das Reinigungsgerät 10 einen Antrieb 76 zum Antreiben mindestens eines Rads 72 aufweisen.

Ferner kann das Reinigungsgerät 10 eine Halteeinrichtung 78 zum Aufnehmen eines oder mehrerer CO₂-Speicher 24 aufweisen. Insgesamt kann das Reini-

gungsgerät 10 so ausgebildet werden, dass es völlig unabhängig von externen Strom- und CO₂-Versorgungen oder Druckgasquellen betrieben werden kann.

Optional kann zwischen der Hauptverdichtungseinrichtung 44 und der Übergabeeinrichtung 48 ein Zwischenspeicher 80 für CO₂-Pellets ausgebildet oder angeordnet sein.

Die Verdichtungseinrichtung 44 umfasst insbesondere auch eine Übergabeeinrichtung 82 zum Übergeben von vorverdichtetem CO₂-Schnee 36 von der - Vorverdichtungseinrichtung 31 beziehungsweise der Abscheideeinrichtung 40 an den Zahnradverdichter 46.

Optional kann die Hauptverdichtungseinrichtung 44 eine Extrudiereinrichtung 84 umfassen zum Extrudieren der CO₂-Pellets 16.

Die Funktionsweise der Vorrichtung 10, insbesondere von deren Vorverdichtungseinrichtung 31 und deren Hauptverdichtungseinrichtung 44 wird nachfolgend in Verbindung mit den Figuren 2 bis 5 näher erläutert.

Der Zahnradverdichter 46 umfasst ein um eine erste Drehachse 88 drehbar angeordnetes Verdichterrad 86 und ein um eine zweite Drehachse 90 drehbar angeordnetes Aufnahmerad 92. Das Verdichterrad 86 und das Aufnahmerad 92 sind im Wesentlichen identisch ausgebildet und weisen jeweils eine Mehrzahl von Zähnen 94 auf, die Verdichtungselemente 96 bilden. Zwischen den Zähnen 94 sind Schneeaufnahmen 98 ausgebildet.

Das Verdichterrad 86 und das Aufnahmerad 92 sind derart angeordnet, dass die erste Drehachse 88 und die zweite Drehachse 90 parallel zueinander verlaufen und die Zähne 94 in die Schneeaufnahmen 98 eingreifen, vorzugsweise ohne sie zu berühren. Ein Antrieb 100 dient zum in Drehung Versetzen des Verdichterrads 86 und/oder des Aufnahmerads 92. Das Verdichterrad 86 rotiert wie in Figur 2 schematisch dargestellt in Richtung des Pfeils 102, also im

Uhrzeigersinn, das Aufnahmerad 92 rotiert in Richtung des Pfeils 104, also im Gegenuhrzeigersinn.

Die Zähne 94 des Verdichterrads 86 und des Aufnahmerads 92 nehmen CO₂-Schnee 36 aus dem Aufnahmebehälter 38 mit, wobei dann jeweils ein Zahn 94 den in einer Schneeaufnahme 98 aufgenommenen CO₂-Schnee 36 beim Ineinandergreifen der Zähne 94 in die Schneeaufnahmen 98 hinein komprimiert.

Das Verdichterrad 86 und das Aufnahmerad 92 sind nicht massiv ausgebildet, sondern umfassen eine Verdichterradhülse 112 beziehungsweise eine Aufnahmeradhülse 114, von denen jeweils in radialer Richtung von der jeweiligen Drehachse 88 beziehungsweise 90 wegweisend die Zähne 94 abstehen.

Der beispielhaft in Figur 2 dargestellte Zahnradverdichter 46 umfasst eine Extrudiereinrichtung 84. Diese umfasst zwei Extrusionsmatrizen 116, welche gebildet sind durch eine Mehrzahl von Durchbrechungen 118, die die Verdichterradhülse 112 beziehungsweise die Aufnahmeradhülse 114 durchsetzen. Die Durchbrechungen 118 sind in Form von in radialer Richtung von den Drehachsen 88 beziehungsweise 90 wegweisenden Bohrungen 120 ausgebildet. Bei dem in den Figuren 2 bis 4 dargestellten Verdichterrad 86 und dem Aufnahmerad 92 sind jeweils mehrere Durchbrechungen 118 nebeneinander in den Schneeaufnahmen 98 ausgebildet beziehungsweise münden in diese.

Die gegenläufig drehbar angeordneten und miteinander zusammenwirkenden Verdichterräder 86 und Aufnahmeräder 92 nehmen in den Schneeaufnahmen 98' CO₂-Schnee 36 aus dem Aufnahmebehälter 38 auf. Beim Zahnradverdichter 46 wird der vorverdichtete CO₂-Schnee 36 durch die Durchbrechungen 118 hindurch komprimiert, so dass hochfeste CO₂-Pellets 16 ausgebildet werden, und zwar durch Extrusion, nämlich durch die Aufnahmeradhülse 114 hindurch nach innen in einen Aufnahmeradhülseninnenraum 132 beziehungsweise durch die Verdichterradhülse 112 in einen Verdichterradhülseninnenraum 128 hinein.

Um CO₂-Pellets 16 konstanter Länge auszubilden, ist optional eine Abstreifeinrichtung 122 vorgesehen, die ein oder zwei Abstreifelemente 124 umfasst, die jeweils im inneren der Aufnahmeradhülse 114 beziehungsweise der Verdichterradhülse 112 angeordnet sein können. Die Abstreifelemente 124 weisen eine Abstreifkante 126 auf, welche eine den Verdichterradhülseninnenraum 128 begrenzende Verdichterradhülseinnenfläche 130 berührt oder nahezu berührt und/oder eine den Aufnahmeradhülseninnenraum 132 begrenzende Aufnahmeradhülseninnenfläche 134 berührt oder nahezu berührt. Die durch die Durchbrechungen 118 hindurch gepressten CO₂-Pellets 16 werden dadurch abgestreift. Die Abstreifelemente 124 sind an der Vorrichtung 42 feststehend angeordnet, rotieren also nicht mit dem Verdichterrad 86 beziehungsweise dem Aufnahmerad 92 mit.

Beim Zahnradverdichter 46 bilden die Verdichtungselemente 96 sowie die Schneeaufnahmen 98 zusammenwirkende Kolbenzylinderanordnungen, in denen vorverdichteter CO₂-Schnee 36 zu CO₂-Pellets 16 geformt wird.

Die komprimierten CO₂-Pellets treten jeweils einem offenen Ende der Verdichterradhülse 112 und der Aufnahmeradhülse 114 des Zahnradverdichter 46 - aus. Form und Größe der so erzeugten CO₂-Pellets 16 sind im Wesentlichen identisch und hängen im Wesentlichen davon ab, wie die Abstreifeinrichtung 122 ausgebildet und angeordnet ist.

Die erzeugten CO₂-Pellets 16 fallen in Schwerkraftrichtung nach unten in den Zwischenspeicher 80, der optional auch weggelassen werden kann. Er kann unterschiedlich groß ausgebildet sein.

Der Zwischenspeicher 80 ist fluidwirksam mit der Übergabeeinrichtung 48 verbunden, welche wiederum an die Beschleunigungseinrichtung 58 angeschlossen ist, die eine Venturidüse 108 umfasst.

Die Übergabeeinrichtung 48 ist in Form einer Vereinzelungseinrichtung 142 ausgebildet, die als Walzendispenser 144 gestaltet ist. Dieser umfasst eine

Walze 146, die mit einer Mehrzahl von Vertiefungen 148 auf einer äußeren Oberfläche versehen ist, die jeweils der Aufnahme eines einzelnen CO₂-Pellet dienen. Die Walze 146 ist seitlich beidseits durch an die äußere Oberfläche angepasste Wandbereiche der Übergabeeinrichtung 48 verschlossen, so dass von oben CO₂-Pellets von der Walze 146 aufgenommen und in Schwerkraft-richtung unten wieder abgegeben werden können.

Aus dem Zwischenspeicher 80 fallen in Schwerkraft-richtung die CO₂-Pellets 16 auf die Walze 116. Diese dreht sich um ihre Längsachse 150 mittels eines nicht näher dargestellten Antriebs und fördert so CO₂-Pellets 16 in definierter Weise zur Beschleunigungseinrichtung 58. Die Vereinzelungseinrichtung 142 umfasst ferner einen der Walze 146 nachgeschalteten Gitterschacht 152 mit einer Mehrzahl von Durchbrechungen 154, um möglichst eine Agglomeration von den hochverdichteten CO₂-Pellets 16 vor dem Eintreten in die Beschleunigungseinrichtung 58 zu verhindern.

Im Bereich der Venturidüse 108 kann sich insbesondere ein Querschnitt einer sich stromaufwärts an die Venturidüse 108 anschließenden Druckgasleitung 110, so dass im Bereich der Verbindung zwischen dem Zwischenspeicher 80 und der Venturidüse 108 ein Unterdruck entsteht. Auf diese Weise wird die Übergabeeinrichtung 82 definiert, die CO₂-Pellets 16 in die Druckgasleitung hinein saugt. Die Venturidüse 108 bildet auch einen Teil der Beschleunigungseinrichtung 58, die die im Wesentlichen ruhenden CO₂-Pellets 16 aus dem Zwischenspeicher 80 auf im Wesentlichen eine Geschwindigkeit des in der Druckgasleitung 110 strömenden Druckgases 14 beschleunigt. Stromabwärts der Venturidüse 108 strömt dann der Gemischstrom 12 aus CO₂-Pellets 16 und Druckgas 14 durch die Leitung 60 zum Strahlanschluss 62.

Zwischen dem Aufnahmebehälter 38 und dem Zwischenspeicher 80 ist vorzugsweise eine Drucktrenneinrichtung 106 ausgebildet. Sie dient zur Ausbildung einer Druckstufe zwischen der Vorverdichtungseinrichtung 31 und einem Pelletauslass 138. Die Drucktrenneinrichtung 106 umfasst mindestens ein gasdichtes oder im Wesentlichen gasdichtes Dichtelement 140, welches zwischen

der Expansionseinrichtung 34 und dem Pelletauslass 138 angeordnet ist. Vorzugsweise ist das mindestens eine Dichtelement 140 aus CO₂-Schnee 36 ausgebildet, insbesondere aus vorverdichtetem CO₂-Schnee 36. Wie in den Figuren 2 bis 4 schematisch dargestellt, ist das mindestens eine Dichtelement 140 zwischen dem mindestens einen Verdichterrad 86 und dem mindestens einen Aufnahmerad 92 angeordnet oder ausgebildet.

Nachfolgend soll die Vorverdichtungseinrichtung 31 näher beschrieben und ihre Funktion erläutert werden.

Die Vorverdichtungseinrichtung 31 umfasst die Expansionseinrichtung 34 zum Erzeugen von CO₂-Schnee 36 aus flüssigem oder gasförmigem CO₂ sowie die Vorverdichtungskammer 38. Die Vorverdichtungseinrichtung 31 ist in Form einer strömungsmechanischen Vorverdichtungseinrichtung 31 ausgebildet.

Die Vorverdichtungskammer 38 und die Expansionseinrichtung 34 sind fluidwirksam miteinander verbunden.

Die Vorverdichtungskammer 38 ist in Form eines Rohrs 156 ausgebildet. In den Figuren 2 bis 5 ist ein gekrümmtes Rohr 38 beispielhaft dargestellt, welches einen Einlass 158, welcher eine Einlasslängsachse 160 definiert, und einen Auslass 162 aufweist, welcher eine Auslasslängsachse 164 definiert. Die Einlasslängsachse 160 und die Auslasslängsachse 164 schließen zwischen sich einen Kammerwinkel 166 ein, welcher in einem Bereich von 0° bis 180° liegen kann. Bevorzugt liegt der Kammerwinkel 166 in einem Bereich von etwa 45° bis etwa 135°. Bei den in den Figuren beispielhaft dargestellten Ausführungsbeispielen beträgt er etwa 90°.

Die Vorverdichtungseinrichtung 31 ist ausgebildet zum Erzeugen eines gasförmigen CO₂-Stroms 168, welcher mindestens teilweise auf eine Innenwandfläche 170 der Vorverdichtungskammer 38 ausgerichtet ist. Dieser kann insbesondere spiralförmig oder im Wesentlichen spiralförmig die Vorverdichtungs-

kammer 38 durchströmen, wodurch insbesondere eine fluidmechanische Eigenschaft der Vorverdichtungseinrichtung 31 erreicht wird.

Zum Entspannen von flüssigem oder gasförmigem CO₂ dient eine Entspannungsdüse 172 der Expansionseinrichtung 34. Die Entspannungsdüse 172 sitzt mit ihrem Düsenkörper 174 in einer Bohrung 176 eines Verschlusselements 178. Die Bohrung 176 ist koaxial zur Einlasslängsachse 160 ausgerichtet. Das Verschlusselement 178 verschließt ein erstes Ende 180 des Rohrs 156. Ein Sackloch 182, welches von einem Innenraum 184 der Vorverdichtungskammer 38 weg weisend geöffnet und koaxial zur Bohrung 176 ausgerichtet ist, definiert den Einlass 158, der beispielsweise mit der Verbindungsleitung 30 fluidwirksam verbunden ist.

Die Entspannungsdüse 172 weist zwei Düsenaustrittsöffnungen 186 auf, die jeweils eine Düsenaustrittslängsachse 188 definieren. Alternativ können auch nur eine Düsenaustrittsöffnung 186 oder drei oder mehr Düsenaustrittsöffnungen 186 vorgesehen sein. Die Düsenaustrittslängsachsen 188 und die Einlasslängsachse 160 definieren zwischen sich jeweils einen Einlasswinkel 190. Der Einlasswinkel 190 liegt vorzugsweise in einem Bereich von etwa 0° bis etwa 90°. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn der Einlasswinkel 190 in einem Bereich von etwa 35° bis etwa 70° liegt. Ein Einlasswinkel 190 von 0° bedeutet also, dass die Düsenaustrittsöffnung 160 parallel, insbesondere koaxial zur Einlasslängsachse 160 ausgerichtet ist, ein Einlasswinkel 190 von 90° bedeutet, dass die Düsenaustrittslängsachse 188 senkrecht zur Einlasslängsachse 160 verläuft. In Figur 5 ist der Einlasswinkel 190 mit einem Wert von etwa 65° dargestellt.

Die Entspannungsdüse 172 ist derart angeordnet und ausgebildet, dass die Düsenaustrittsöffnungen 186 in den Innenraum 184 hinein münden.

Das Verschlusselement 178 ist dichtend in das Rohr 156 eingesetzt, die Entspannungsdüse 172 dichtend in die Bohrung 176 des Verschlusselements 178.

In Figur 4 ist schematisch eine Mittellinie 192 des gekrümmten Rohrs 156 eingezeichnet. Bei einem alternativ geradlinig verlaufenden Rohr 156 definierte die Mittellinie 192 dann die Längsachse des Rohrs, die mit der Einlasslängsachse 160 sowie der Auslasslängsachse 164 zusammenfällt.

Die Figuren 2 bis 5 zeigen eine Entspannungsdüse 172 in Form einer Dralldüse 194. Bei dieser können sich insbesondere die Düsenaustrittslängsachse 188 und die Eingangslängsachse 160 schneiden oder windschief zueinander verlaufen.

Alternativ könnte die Düsenaustrittsöffnung 186 bei der Entspannungsdüse 172 in Verbindung mit einem gekrümmten Rohr 156 auch parallel oder koaxial zur Einlasslängsachse 160 ausgerichtet sein. Dies insbesondere deshalb, weil bei einem entsprechend stark gekrümmten Rohr 156 das in den Innenraum 184 hineinströmende CO₂ auf die Innenwandfläche 170 irgendwann auftreffen wird.

Bei der Dralldüse 194 ergibt sich ein im Wesentlichen spiralförmigen CO₂-Strom 168, wie schematisch in Figur 2 dargestellt. CO₂-Schnee 36 lagert sich bei einem solchen CO₂-Strom 168 an unterschiedlichen Stellen der Innenwandfläche 170 ab und wird durch nachfolgend auftreffenden CO₂-Schnee 36 vorverdichtet. Durch den CO₂-Strom 168 werden jedoch auch agglomerierte und vorverdichtete CO₂-Schnee-Ansammlungen wieder von der Innenwandfläche 170 abgelöst und gelangen so in Form von vorverdichtetem CO₂-Schnee 36 durch den Auslass 162 zur Hauptverdichtungseinrichtung 44.

Das Verschlusselement 178 definiert eine in Richtung auf die Vorverdichtungskammer 38 hin weisende Verschlussfläche 179. Die Verschlussfläche 179 ist bezogen auf die Einlasslängsachse 160 rotationssymmetrisch ausgebildet. Mithin bildet die Einlasslängsachse 160 eine Verschlussflächenlängsachse 216.

Die Entspannungsdüse 172 ist ebenfalls rotationssymmetrisch bezogen auf die Verschlussflächenlängsachse 216 angeordnet beziehungsweise ausgebildet.

Die Düsenaustrittsöffnungen 186 sind über die Verschlussfläche 179 vorstehend angeordnet beziehungsweise ausgebildet. Ferner weist die Verschlussfläche 179 eine in Richtung auf die Vorverdichtungskammer 38 hin gerichtete hohlkegelige oder im Wesentlichen hohlkegelige Form auf. Alternativ kann die Verschlussfläche 179 auch in Richtung auf die Vorverdichtungskammer 38 konkav oder konvex gekrümmt sich erweiternd ausgebildet sein. Ferner erstreckt sich die Verschlussfläche 179 bis zur Innenwandfläche 170 des Rohrs 156 hin.

Die hohlkegelige Verschlussfläche 179 definiert einen Öffnungswinkel 218, welcher bei den in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen etwa 140° beträgt. Vorzugsweise liegt der Öffnungswinkel 218 in einem Bereich von etwa 90° bis etwa 150° .

Durch die besondere Formgebung der Verschlussfläche 179 und der Anordnung der Entspannungsdüse 172 mit den Düsenaustrittsöffnungen 186 in der beschriebenen Weise wird eine Hinterschneidung 220 im Zusammenwirken des Verschlusselements 178 mit dem Düsenkörper 174 gebildet.

Die beschriebene Hinterschneidung 220 verhindert insbesondere, dass sich im Bereich der Düsenaustrittsöffnungen 186 verwirbelter CO_2 -Schnee 36, was durch die kleinen Pfeile 222 in Figur 5 schematisch dargestellt ist, um die Entspannungsdüse 172 herum und an der Verschlussfläche 179 ansetzen oder festsetzen kann. So kann insbesondere wirksam verhindert werden, dass sich bei einer Unterbrechung der Zufuhr von flüssigem oder gasförmigem CO_2 durch die Entspannungsdüse 172 die Düsenaustrittsöffnungen 86 zusetzen können. Durch die Hinterschneidung 220 wird so ein sicherer störungsfreier Betrieb der Vorrichtung 42, insbesondere der Expansionseinrichtung 34, sichergestellt.

Für die Funktionsweise der Hinterschneidung 220 ist es vorteilhaft, wenn der halbe Öffnungswinkel 218 größer ist als der Einlasswinkel 190.

Für besonders gute Ergebnisse bei der Vorverdichtung des mit der Expansionsvorrichtung 34 erzeugten CO₂-Schnees 36 ist es günstig, wenn die Vorverdichtungskammer 38 einen Durchmesser und eine Länge 198 längs der Mittellinie 192 aufweist, und zwar mit einem Verhältnis zwischen der Länge 198 und dem Durchmesser 196, welches in einem Bereich von etwa 5:1 bis etwa 20:1 liegt. Vorzugsweise liegt das Verhältnis zwischen der Länge 198 und dem Durchmesser 196 in einem Bereich von etwa 6:1 bis etwa 13:1. Insbesondere kann das Verhältnis etwa 7,5:1 betragen.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Vorverdichtungskammer 38 einen Krümmungsradius 200 bezogen auf die Mittellinie 192 aufweist und wenn ein Verhältnis zwischen dem Krümmungsradius 200 und dem Durchmesser 196 in einem Bereich von etwa 2:1 bis etwa 10:1 liegt. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn das Verhältnis zwischen dem Krümmungsradius 200 und dem Durchmesser 196 in einem Bereich von etwa 2:1 bis etwa 7:1 liegt. Vorzugsweise beträgt das Verhältnis etwa 2,4:1.

Statt der Dralldüse 104 kann auch eine Rotordüse in das Ende 180 der Vorverdichtungskammer 38 fluiddicht eingesetzt.

Als Entspannungsdüse 172 eine Rotordüse einzusetzen hat insbesondere den Vorteil, dass die Vorverdichtungskammer 38 ohne Weiteres auch als gerades Rohr 156 ausgebildet werden kann.

Eine Rotordüse wird insbesondere als sogenannter Dreckfräser zum Entfernen hartnäckiger Verunreinigungen durch Hochdruckreinigung eingesetzt. Allerdings werden Rotordüsen bei der Hochdruckreinigung in umgekehrter Bauweise eingesetzt.

Die Durchbrechungen 118 sowie alle anderen Kanten der Vorrichtung 42, die mit CO₂-Schnee 36 in Kontakt kommen können, sind vorzugsweise versenkt

oder abgerundet ausgebildet. Auf diese Weise lässt sich die Ausbildung von Schneebrücken verhindern.

Die Vorrichtung 42 ist insgesamt gegenüber einer Umgebung vollständig abgedichtet. Dadurch lässt sich die Bildung von Wassereis im Innern der Vorrichtung 42 verhindern.

In den Figuren nicht dargestellt ist eine optionale Sicherungseinrichtung, die ein Überdruckventil umfasst, um einen Druckausgleich insbesondere zwischen dem Innenraum 184 und einer Umgebung der Vorrichtung 42 zu ermöglichen, wenn der durch die Entspannung von flüssigem CO₂ im Innenraum 184 herrschende Druck einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt.

Die Vorrichtung 42 kann insbesondere eine Steuerungseinrichtung 224 zum Steuern derselben derart umfassen, dass mechanische Eigenschaften der mit der Vorrichtung 42 erzeugten CO₂-Pellets 16 in gewünschter Weise vorgebar sind. Bei den mechanischen Eigenschaften kann es sich insbesondere um eine Dichte und/oder eine Größe, insbesondere eine Länge, der CO₂-Pellets 16 handeln.

Die Steuerungseinrichtung 224 kann insbesondere eine Eingabeeinrichtung 226 umfassen zum Vorgeben der mechanischen Eigenschaften der zu erzeugenden CO₂-Pellets 16, insbesondere von deren Dichte und/oder deren Größe. Die Eingabeeinrichtung 226 kann ferner auch ausgebildet sein, um eine Menge an CO₂-Pellets 16 vorzugeben. Die vorgegebene Menge kann dann mit der Steuerungseinrichtung 224 entsprechend verarbeitet werden, um die Vorrichtung 42 in der gewünschten Weise anzusteuern.

Die Steuerungseinrichtung 224 ist insbesondere mit der Expansionseinrichtung 34 und damit mit der Vorverdichtungseinrichtung 31 zusammenwirkend ausgebildet, um eine Menge beziehungsweise ein Volumen des von der Expansionseinrichtung 34 im Zusammenwirken mit der Vorverdichtungseinrichtung 31 erzeugten CO₂-Schnees 36 zu steuern.

Um das Reinigungsgerät 10, insbesondere die Vorrichtung 42, getaktet zu betreiben, umfasst die Vorrichtung 42 eine hydraulische Schalteinrichtung 228 mit einem oder mehreren Magnetventilen 230. Die hydraulische Schalteinrichtung 228 ist ausgebildet zum Öffnen und Schließen der Verbindungsleitung 30 und damit einer Fluidverbindung zwischen dem CO₂-Anschluss und der Expansionseinrichtung 34 beziehungsweise zwischen der CO₂-Quelle 24 und der Expansionseinrichtung 34. Zu diesem Zweck kann insbesondere eine Steuerleitung 232 die Steuerungseinrichtung 224 und die hydraulische Schalteinrichtung 228 miteinander steuerungswirksam verbinden.

Um eine definierte Taktung für den Betrieb der Vorrichtung 42, insbesondere der Expansionseinrichtung 34, zum Erzeugen von CO₂-Schnee 36 vorgeben zu können, umfasst die Steuerungseinrichtung 224 eine Taktvorgabeeinrichtung 234 zum Vorgeben einer Taktfrequenz für die hydraulische Schalteinrichtung 228.

Die Taktvorgabeeinrichtung umfasst optional eine Puls-Weiten-Modulationseinrichtung 236 zum Vorgeben von Zeitfenstern, während denen die hydraulische Schalteinrichtung 228 die Verbindungsleitung 30 öffnet und schließt. Nimmt beispielsweise das Magnetventil 230 eine geöffnete Stellung ein, kann gasförmiges oder flüssiges CO₂ durch die Entspannungsdüse 172 strömen, so dass sich durch Entspannung des CO₂ beim Austreten aus den Düsenaustrittsöffnungen 186 CO₂-Schnee 36 ausbilden kann. Um die Ausbildung von CO₂-Schnee 36 zu unterbrechen, kann mit der Steuerungseinrichtung 224 die Schalteinrichtung 228 derart angesteuert werden, dass das Magnetventil 230 die Verbindungsleitung 30 schließt.

Durch die Vorgabe einer Taktung des Magnetventils 230 lässt sich so auf einfache Weise eine Menge des CO₂-Schnees 36 beziehungsweise ein CO₂-Schnee-Volumen einstellen. Beispielsweise kann eine für den Betrieb der Vorrichtung 42 ausreichende, jedoch geringe Menge an CO₂-Schnee erzeugt werden mit einer Taktung derart, dass das Magnetventil 230 die Verbindungslei-

tung 30 für 120 Millisekunden öffnet und danach anschließend für 500 Millisekunden schließt.

Eine mittlere Schneemenge lässt sich beispielsweise ausbilden, wenn die Verbindungsleitung 30 durch das Magnetventil 230 für 380 Millisekunden geöffnet und danach für 500 Millisekunden geschlossen wird.

Eine große, von der Hauptverdichtungseinrichtung 44 noch verarbeitbare Menge an CO₂-Schnee 36 kann durch die Expansionseinrichtung 34 in Verbindung mit der Vorverdichtungseinrichtung 31 ausgebildet werden, wenn das Magnetventil 230 die Verbindungsleitung 30 für 1000 Millisekunden öffnet und danach für 500 Millisekunden wieder schließt.

Die angegebenen Werte können in diskreten Schritten vorgegeben oder wahlweise auch stufenlos eingestellt werden. Dies kann beispielsweise mit einer Eingabeeinrichtung 226 wie schematisch in Figur 6 dargestellt erreicht werden. Hier kann insbesondere ein Stufenschalter 238 zum Einsatz kommen, mit insgesamt vier Schaltstufen. Schaltstufe 0 definiert eine Aus-Stellung der Expansionseinrichtung 34. Die Schaltstufen I, II und III können beispielsweise den drei angegebenen, unterschiedlichen Zeitfenstern entsprechen, für die das Magnetventil 230 die Verbindungsleitung 30 öffnet, um eine geringe Menge (Schaltstufe I), eine mittlere Menge (Schaltstufe II) oder eine große Menge (Schaltstufe III) an CO₂-Schnee 36 zu erzeugen.

Optional kann mit der Steuerungseinrichtung 224 und einer entsprechend ausgebildeten Eingabeeinrichtung 226 auch das Zeitfenster verändert werden, während dessen die Verbindungsleitung 30 durch das Magnetventil 230 geschlossen gehalten wird.

Die Steuerungseinrichtung 224 kann insbesondere für einen Automatikbetrieb nach Inbetriebnahme der Vorrichtung 42 derart die Schalteinrichtung 228 ansteuern, dass vorzugsweise zu Beginn eines Betriebs der Vorrichtung 42 zum Herunterkühlen derselben nur geringe Mengen von CO₂-Schnee 36 erzeugt

werden. Nach einer Einlaufzeit kann dann von der Steuerungseinrichtung 224 automatisch auf eine anwendungsspezifische Einstellung einer Schneemenge umgeschaltet werden, beispielsweise auf eine der drei beschriebenen Schaltstufen zum Vorgeben der CO₂-Schnee-Menge.

Die Steuerungseinrichtung 224 kann ferner mit der Hauptverdichtungseinrichtung 44, insbesondere mit dem Zahnradverdichter 46, zusammenwirkend ausgebildet sein, und zwar zum Steuern einer Betriebsart der Hauptverdichtungseinrichtung 44. Zu diesem Zweck kann die Steuerungseinrichtung 224 eine Drehzahlvorgabeeinrichtung 240 umfassen, die über eine Steuerleitung 242 mit dem Antrieb 100 steuerungswirksam verbunden ist. Auf diese Weise lässt sich eine Drehzahl des Zahnradverdichters 46 und damit des Verdichterrads 86 und des mit diesem zusammenwirkenden Aufnahmerads 92 vorgeben.

Zum Vorgeben der Drehzahl kann die Eingabeeinrichtung 226 einen wie schematisch bereits in Figur 6 dargestellten Stufenschalter 238 umfassen. Alternativ kann statt des Stufenschalters, mit dem diskrete Drehzahlen vorgebar sind, auch ein Drehpotentiometer oder alternativ ein Taster vorgesehen sein.

Beispielsweise lässt sich mit dem in Figur 6 dargestellten Stufenschalter 238 die Drehzahl von 0 (Stellung 0) auf 40 Umdrehungen pro Minute für das Verdichterrad 86 beziehungsweise des Aufnahmerads 92 (Stufe I), auf 80 Umdrehungen pro Minute (Stufe II) oder auf 120 Umdrehungen pro Minute (Stufe III) einstellen.

Über eine Änderung der Drehzahl des Zahnradverdichters 46 kann die Qualität der CO₂-Pellets 16 eingestellt werden. Je höher die Drehzahl desto weniger CO₂-Schnee 36 kann in den Schneeaufnahmen 98 aufgenommen werden. Je höher die Drehzahl, desto weniger CO₂-Schnee wird in den Schneeaufnahmen 98 aufgenommen beziehungsweise umso mehr verteilt sich der CO₂-Schnee auf alle Schneeaufnahmen 98.

Wird die Drehzahl des Zahnradverdichters 46 verringert, kann sich in der gleichen Zeiteinheit im Vergleich mit einer höheren Drehzahl mehr CO₂-Schnee 36 in den Schneeaufnahmen 98 ansammeln.

Je mehr CO₂-Schnee 36 in den Schneeaufnahmen 98 aufgenommen ist, umso höher ist ein Druck, mit dem der CO₂-Schnee 36 durch die Durchbrechungen 118 hindurchgepresst wird. Dadurch können qualitativ höherwertigere CO₂-Pellets 16 erzeugt werden. Diese weisen eine relativ hohe Dichte auf. Umgekehrt kann die Dichte der CO₂-Pellets 16 verringert werden, wenn die Drehzahl des Zahnradverdichters 46 wieder erhöht wird.

Bei niedriger Drehzahl des Zahnradverdichters 46 können zudem grundsätzlich längere CO₂-Pellets 16 erzeugt werden. Mithin lässt sich also über die Drehzahl auch die Größe der CO₂-Pellets 16 einstellen. Die Größe der CO₂-Pellets 16 lässt sich jedoch auch mit der Abstreifeinrichtung 122 durch entsprechende Anordnung des Abstreifelements 124 mit dessen Abstreifkante 126 vorgeben.

Durch eine entsprechende Vorgabe der Drehzahl des Zahnradverdichters 46 können so geringe oder hohe Abrasivitäten des Partikelstrahls 70 eingestellt werden. Die Menge der erzeugten CO₂-Pellets wird über die Taktung der Schalteinrichtung 228 erreicht.

Figur 7 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel einer Eingabeeinrichtung 226 mit einem Stufenschalter 238, der ausgehend von einer 0-Stellung in acht weitere Schaltstellungen bringbar ist. Alternativ können auch mehr oder weniger solche Schaltstellungen vorgesehen werden.

Ein solcher Stufenschalter 238 kann beispielsweise zwei Stufenschalter, wie sie beispielhaft in Figur 6 dargestellt und einerseits zum Vorgeben der Taktung des Magnetventils 230 und andererseits zum Vorgeben der Drehzahl des Antriebs 100 genutzt werden, ersetzen.

Die Schaltstellungen I, II und III definieren dabei jeweils die Menge an CO₂-Schnee 36. Die Schaltstellungen I definieren eine geringe Menge, die Schaltstellungen II eine mittlere Menge und die Schaltstellungen III eine große Menge an CO₂-Schnee 36.

Die Schaltstellungen A, B und C geben die Qualität der CO₂-Pellets 16 vor. Stufe A definiert weichere CO₂-Pellets 16, Stufe B härtere und Stufe C die härtesten CO₂-Pellets 16, die mit der Vorrichtung 42 erzeugbar sind.

Die in Figur 7 dargestellte Eingabeeinrichtung 226 ermöglicht daher eine kombinierte Einstellung sowohl der Pelletqualität als auch der Menge der CO₂-Pellets 16 mit einem einzigen Stufenschalter 238.

Wird beispielsweise eine mittlere Menge an CO₂-Pellets 16 mit mittlerer Härte gewünscht, wird der Stufenschalter 238 in die Position II-B eingestellt. Eine geringe Menge an CO₂-Pellets 16 mit geringer Dichte wird vorgegeben in der Schaltstellung I-A. Eine große Menge an CO₂-Pellets 16 von hoher Qualität, also insbesondere großer Dichte, wird über die Schalstellung III-C vorgegeben.

Figur 8 zeigt beispielhaft ein alternatives Ausführungsbeispiel eines Zahnradverdichters 46. Dabei werden in Figur 8 zur Bezeichnung des Zahnradverdichters 46 die selben Bezugszeichen verwendet wie bei dem in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel.

In Figur 8 ist insbesondere beispielhaft dargestellt, dass die Durchbrechungen 118, wie in der vergrößerten Teilansicht dieser Figur rein schematisch dargestellt, auch eine sich konisch verjüngende Form aufweisen können, und zwar ausgehend von den Schneeaufnahmen 98 in Richtung auf den Aufnahmeradhülseninnenraum 132 hin. Entsprechend kann dies auch für das Verdichterrad 86 vorgesehen sein.

Durch die sich im Querschnitt verjüngende Form der Durchbrechungen 118, insbesondere durch eine hohlkegelige Form, erhöht sich beim Durchdrücken

des CO₂-Schnees 36 durch die Durchbrechungen 118 der Druck weiter, so dass im Vergleich zu Durchbrechungen 118, die in Form von zylindrischen Bohrungen ausgebildet sind, noch kompaktere und damit dichtere CO₂-Pellets 16 ausgebildet werden können.

Des Weiteren zeigt Figur 10 schematisch einen Querschnitt durch die rohrförmige Vorverdichtungskammer 38.

Das Rohr 156 kann wahlweise aus einem metallischen Werkstoff oder aus einem Kunststoff hergestellt werden. Als Kunststoff kommen beispielsweise Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), insbesondere mit hohem Molekulargewicht wie beispielsweise PE500, oder Polymethylmethacrylat (PMMA) zum Einsatz.

Alternativ kann das Rohr 156 auch aus einem metallischen Werkstoff wie beispielsweise Edelstahl oder einem unlegierten Stahl ausgebildet sein.

Für den Betrieb der Vorrichtung 42 hat sich gezeigt, dass eine Anhaftung von CO₂-Schnee 36 in übermäßiger Weise, was zu einer Verstopfung der Vorverdichtungskammer 38 führen kann, insbesondere dadurch vermeidbar ist, dass eine Wärmeleitfähigkeit des Rohrs 156, insbesondere von dessen Innenwandfläche 170, möglichst gering sein sollte. Vorteilhaft sind hier insbesondere Wärmeleitfähigkeiten von höchstens etwa 6 W/mK.

Deutlich bessere Ergebnisse lassen sich jedoch erzielen, wenn die Wärmeleitfähigkeit in einem Bereich von unter 1 W/mK liegt. Dies kann insbesondere dadurch erreicht werden, dass das Rohr 156 aus einem Kunststoffmaterial mit entsprechend geringer Wärmeleitfähigkeit ausgebildet wird, oder dass als Rohrmaterial ein metallischer Werkstoff eingesetzt, die Innenwandfläche 170 jedoch mit einer Antihaftbeschichtung 244 versehen wird. Derartige Antihaftbeschichtungen 244 können insbesondere durch einen Kunststoff realisiert werden oder durch eine Lackierung, beispielsweise eine kathodische Tauchlackierung.

Als Lackierungen kommen insbesondere Lacke auf Basis von Epoxidharz, beispielsweise ungefülltes Epoxidharz, oder Acrylharz, beispielsweise ungefülltes Acrylharz, zum Einsatz.

Eine Dicke 246 der Antihafbeschichtung 244 liegt vorzugsweise in einem Bereich von etwa 10 μm bis etwa 50 μm . Gute Ergebnisse für einen Betrieb der Vorrichtung 42 lassen sich insbesondere erreichen, wenn die Dicke 246 in einem Bereich von etwa 20 μm bis etwa 30 μm liegt. Derartige Beschichtungen, insbesondere Lackierungen, können mit Wärmeleitfähigkeiten von etwa 0,2 W/mK realisiert werden. Damit lassen sich vergleichbare Wärmeleitfähigkeiten erreichen wie bei Rohren 156, die aus den genannten Kunststoffmaterialien ausgebildet sind, deren Wärmeleitfähigkeiten in einem Bereich zwischen etwa 0,2 W/mK und 0,4 W/mK liegen.

Optional kann an der Vorrichtung 42 eine manuelle oder vollautomatische Rückspüleinrichtung vorgesehen sein, welche einen Druckluftanschluss umfasst zum Verbinden mit einer Druckluftquelle. So kann die Vorrichtung 42 mit Druckluft durchgeblasen werden. Insbesondere kann die Rückspüleinrichtung derart angeordnet sein, dass ein Anhaften von CO_2 -Pellets 16 in der Übergabeeinrichtung 48 sowie im Zwischenspeicher 80 verhindert wird.

Ferner kann die der Walze 146 des Walzendispensers 144 optional getaktet gedreht werden, also nicht mit einer gleichförmigen Rotationsgeschwindigkeit. Auf diese Weise lässt sich besonders einfach ein getakteter Betrieb beim Beaufschlagen einer zu reinigenden Fläche mit den hochfesten CO_2 -Pellets 16 einstellen, denn die CO_2 -Pellets 16 werden dann intermittierend von der Übergabeeinrichtung 48 abgegeben.

Mit dem Reinigungsgerät 10 ist es in der beschriebenen Weise möglich, Oberflächen mit dem Gemischstrom 12 aus Druckgas 14 und insbesondere hochverdichteten CO_2 -Pellets 16 wirkungsvoll zu reinigen. Die CO_2 -Pellets 16 sublimieren nach der Anwendung und müssen nicht gesondert entsorgt werden.

Bezugszeichenliste

10	Reinigungsgerät
12	Gemischstrom
14	Druckgas
16	CO ₂ -Pellet
18	Gehäuse
20	CO ₂ -Anschluss
22	CO ₂ -Leitung
24	CO ₂ -Speicher
26	Auslass
28	Ventilanordnung
30	Verbindungsleitung
31	Vorverdichtungseinrichtung
34	Expansionseinrichtung
36	CO ₂ -Schnee
38	Vorverdichtungskammer
40	Abscheideeinrichtung
42	Vorrichtung
44	Hauptverdichtungseinrichtung
46	Zahnradverdichter
48	Übergabeeinrichtung
50	Druckgasleitung
52	Druckgasanschluss
54	Druckgasquelle
56	Druckgasquelle
58	Beschleunigungseinrichtung
60	Leitung
62	Strahlanschluss
64	Strahlleitung
66	Strahldüse

68	Ventil
70	Partikelstrahl
72	Rad
74	Fahrgestell
76	Antrieb
78	Halteeinrichtung
80	Zwischenspeicher
82	Übergabeeinrichtung
84	Extrudiereinrichtung
86	Verdichterrad
88	erste Drehachse
90	zweite Drehachse
92	Aufnahmerad
94	Zahn
96	Verdichtungselement
98	Schneeaufnahme
100	Antrieb
102	Pfeil
104	Pfeil
106	Drucktrenneinrichtung
108	Venturi-Düse
110	Druckgasleitung
112	Verdichterradhülse
114	Aufnahmeradhülse
116	Extrusionsmatrize
118	Durchbrechung
120	Bohrung
122	Abstreifeinrichtung
124	Abstreifelement
126	Abstreifkante
128	Verdichterradhülseninnenraum
130	Verdichterradhülseninnenfläche
132	Aufnahmeradhülseninnenraum

134	Aufnahmeradhüseninnenfläche
138	Pelletausslass
140	Dichtelement
142	Vereinzelungseinrichtung
144	Walzendispenser
146	Walze
148	Vertiefung
150	Längsachse
152	Gitterschacht
154	Durchbrechung
156	Rohr
158	Einlass
160	Einlasslängsachse
162	Auslass
164	Auslasslängsachse
166	Kammerwinkel
168	CO ₂ -Strom
170	Innenwandfläche
172	Entspannungsdüse
174	Düsenkörper
176	Bohrung
178	Verschlusselement
179	Verschlussfläche
180	Ende
182	Sackloch
184	Innenraum
186	Düsenaustrittsöffnung
188	Düsenaustrittslängsachse
190	Einlasswinkel
192	Mittellinie
194	Dralldüse
196	Durchmesser
198	Länge

200	Krümmungsradius
216	Verschlussflächenlängsachse
218	Öffnungswinkel
220	Hinterschneidung
222	Pfeil
224	Steuerungseinrichtung
226	Eingabeeinrichtung
228	Schalteinrichtung
230	Magnetventili
232	Steuerleitung
234	Taktvorgabeeinrichtung
236	Puls-Weiten-Modulationseinrichtung
238	Stufenschalter
240	Drehzahlvorgabeeinrichtung
242	Steuerleitung
244	Antihafbeschichtung
246	Dicke

Patentansprüche

1. Vorrichtung (42) zur Herstellung von hochfesten CO₂-Pellets (16) aus CO₂-Schnee (36), insbesondere für ein Reinigungsgerät (10) zum Bestrahlen von zu behandelnden Oberflächen mit einem Gemischstrom (12) aus einem Druckgas (14) und CO₂-Pellets (16), umfassend eine Hauptverdichtungseinrichtung (44) zum Verdichten von CO₂-Schnee (36) zur Ausbildung von CO₂-Pellets (16), gekennzeichnet durch eine Steuerungseinrichtung (224) zum Steuern der Vorrichtung (42) derart, dass mechanische Eigenschaften der zu erzeugenden CO₂-Pellets (16) vorgebar sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (224) ausgebildet ist zum Steuern der Vorrichtung (42) derart, dass eine Dichte und/oder eine Größe, insbesondere eine Länge, der zu erzeugenden CO₂-Pellets (16) vorgebar sind.
3. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (224) eine Eingabeeinrichtung (226) umfasst zum Vorgeben der mechanischen Eigenschaften der zu erzeugenden CO₂-Pellets (16), insbesondere von deren Dichte und/oder eine Größe.
4. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, insbesondere nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, gekennzeichnet durch eine Vorverdichtungseinrichtung (31) zum Vorverdichten von durch Entspannen von flüssigem CO₂ erzeugten CO₂-Schnees (36), welche Vorverdichtungseinrichtung (31) insbesondere in Form einer strömungsmechanischen Vorverdichtungseinrichtung (31) ausgebildet ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (224) mit der Vorverdichtungseinrichtung (31) zusam-

menwirkend ausgebildet ist zum Steuern einer von der Vorverdichtungseinrichtung (31) erzeugten Menge oder eines von der Vorverdichtungseinrichtung (31) erzeugten Volumens von CO₂-Schnee.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverdichtungseinrichtung (31) eine Expansionseinrichtung (34) zum Erzeugen von CO₂-Schnee (36) aus flüssigem oder gasförmigem CO₂ umfasst.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverdichtungseinrichtung (31) eine Vorverdichtungskammer (38) zum Aufnehmen und Vorverdichten des erzeugten CO₂-Schnees (36) umfasst und dass die Expansionseinrichtung (34) und die Vorverdichtungskammer (38) miteinander fluidwirksam verbunden sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die strömungsmechanische Vorverdichtungseinrichtung (31) ausgebildet ist zum Erzeugen eines gasförmigen CO₂-Stroms in der Vorverdichtungskammer (38), welcher mindestens teilweise auf eine Innenwandfläche (170) der Vorverdichtungskammer (38) ausgerichtet ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Expansionseinrichtung (34) eine Entspannungsdüse (172) zum Entspannen von flüssigem oder gasförmigem CO₂ umfasst.
10. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Entspannungsdüse (172) angeordnet und ausgebildet ist zum Abgeben von flüssigem CO₂ in die Vorverdichtungskammer (38) hinein.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Entspannungsdüse (172) mindestens eine Düsenaustrittsöffnung (186) aufweist und dass die mindestens eine Düsenaustrittsöffnung (186) stromabwärts einer die Vorverdichtungskammer (38) verschließenden

oder begrenzenden Verschlussfläche (179) angeordnet oder ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Düsenaustrittsöffnung (186) über die Verschlussfläche (179) vorstehend angeordnet oder ausgebildet ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlussfläche (179) eine Verschlussflächenlängsachse (216) definiert und dass die Verschlussfläche (179) rotationssymmetrisch bezogen auf die Verschlussflächenlängsachse (216) ausgebildet ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Entspannungsdüse (172) bezogen auf die Verschlussflächenlängsachse (216) rotationssymmetrisch angeordnet und/oder ausgebildet ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlussfläche (179) eine in Richtung auf die Vorverdichtungskammer (38) hin gerichtete hohlkegelige oder im Wesentlichen hohlkegelige Form aufweist oder sich in Richtung auf die Vorverdichtungskammer (38) konkav oder konvex gekrümmt erweitert, insbesondere bis zu einer Innenwandfläche (170) der Vorverdichtungskammer (38).
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlussfläche (179) einen Öffnungswinkel (218) definiert und dass der Öffnungswinkel in einem Bereich von etwa 90° bis etwa 150° liegt.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverdichtungskammer (38) eine Einlasslängsachse (160) definierenden Einlass (158) aufweist, dass die Entspannungsdüse (172) mindestens eine Düsenaustrittsöffnung (186) aufweist, dass die

mindestens eine Düsenaustrittsöffnung (186) eine Düsenaustrittslängsachse (188) definiert und dass die Einlasslängsachse (160) und die Düsenaustrittslängsachse (188) zwischen sich einen Einlasswinkel (190) definieren, welcher in einem Bereich von etwa 0° bis etwa 90° liegt, insbesondere in einem Bereich von etwa 35° bis etwa 70° .

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der halbe Öffnungswinkel (218) größer ist als der Einlasswinkel (190).
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Entspannungsdüse (172) in Form einer Drall- oder Rotordüse (194) ausgebildet ist.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverdichtungskammer (38) in Form eines Rohrs (156) ausgebildet ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (156) aus einem Rohrmaterial, insbesondere aus einem metallischen Werkstoff oder aus einem Kunststoff, hergestellt ist.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Metall einen Edelstahl oder einen unlegierten Stahl umfasst.
23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoff Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), insbesondere PE500, oder Polymethylmethacrylat (PMMA) ist oder umfasst.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass eine Innenwandfläche (170) der Vorverdichtungskammer (38) mit einer Antihafbeschichtung (244) versehen ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Antihaftbeschichtung (244) aus einem Kunststoff ausgebildet ist oder eine Lackierung umfasst, insbesondere eine kathodische Tauchlackierung.
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Lackierung einen Lack auf Basis von Epoxydharz, insbesondere ungefülltes Epoxydharz, oder Acrylharz, insbesondere ungefüllte Acrylharz, umfasst.
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Antihaftbeschichtung (244) eine Beschichtungsdicke (246) in einem Bereich von etwa 10 μm bis etwa 50 μm aufweist, insbesondere in einem Bereich von etwa 20 μm bis etwa 30 μm .
28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Antihaftbeschichtung (244) eine Wärmeleitfähigkeit in einem Bereich von etwa 0,1 W/mK bis etwa 6 W/mK aufweist.
29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohrmaterial eine Wärmeleitfähigkeit in einem Bereich von etwa 0,1 W/mK bis etwa 60 W/mK aufweist, insbesondere in einem Bereich von etwa 0,1 W/mK bis etwa 6 W/mK oder in einem Bereich von etwa 12 W/mK bis etwa 55 W/mK.
30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverdichtungskammer (38) eine Längsachse (192) definiert.
31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverdichtungskammer (38) gekrümmt ausgebildet ist.
32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverdichtungskammer (38) einen eine Auslasslängsachse (164) definierenden Auslass (162) aufweist.

33. Vorrichtung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Auslasslängsachse (164) und die Einlasslängsachse (160) zwischen sich einen Kammerwinkel (166) einschließen, welcher in einem Bereich von etwa 0° bis etwa 180° liegt, insbesondere in einem Bereich von etwa 45° bis etwa 135° , weiter bevorzugt beträgt der Kammerwinkel (166) etwa 90° .
34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverdichtungskammer (38) einen Durchmesser und eine Länge (198) aufweist und dass ein Verhältnis zwischen Länge (198) und Durchmesser (196) in einem Bereich von etwa 4:1 bis etwa 20:1 liegt, insbesondere in einem Bereich von etwa 6:1 bis etwa 14:1.
35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverdichtungskammer (38) einen Krümmungsradius (200) aufweist und dass ein Verhältnis zwischen Krümmungsradius (200) und Durchmesser (196) in einem Bereich von etwa 2:1 bis etwa 10:1 liegt, insbesondere in einem Bereich von etwa 2:1 bis etwa 6:1.
36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverdichtungseinrichtung (31) einen CO_2 -Anschluss (20) zum Verbinden mit einer flüssiges CO_2 enthaltenden CO_2 -Quelle (24) umfasst.
37. Vorrichtung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass der CO_2 -Anschluss (20) in fluidwirksamer Verbindung mit der Expansionseinrichtung (34) steht.
38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 37 gekennzeichnet durch eine flüssiges CO_2 enthaltende CO_2 -Quelle (24), die mit der Vorverdichtungseinrichtung (31) fluidwirksam verbunden ist.

39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorverdichtungseinrichtung (38) eine hydraulische Schalteinrichtung (228) umfasst zum Öffnen und Schließen einer Fluidverbindung (30) zwischen dem CO₂-Anschluss (20) und der Expansionseinrichtung (34) und/oder zwischen der CO₂-Quelle (24) und der Expansionseinrichtung (34).
40. Vorrichtung nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Schalteinrichtung (228) mindestens ein Magnetventil (230) zum Öffnen und Schließen der Fluidverbindung zwischen dem CO₂-Anschluss (20) und der Expansionseinrichtung (34) und/oder zwischen der CO₂-Quelle (24) und der Expansionseinrichtung (34) umfasst.
41. Vorrichtung nach Anspruch 39 oder 40, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (224) mit der hydraulischen Schalteinrichtung (228) zusammenwirkend ausgebildet ist zum definierten Öffnen und Schließen der Fluidverbindung (30) zwischen dem CO₂-Anschluss (20) und der Expansionseinrichtung (34) und/oder zwischen der CO₂-Quelle (24) und der Expansionseinrichtung (34).
42. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 39 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (224) eine Taktvorgabeeinrichtung (234) umfasst zum Vorgeben einer Taktfrequenz für die hydraulische Schalteinrichtung (228).
43. Vorrichtung nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, dass die Taktvorgabeeinrichtung (234) eine Puls-Weiten-Modulationseinrichtung (236) umfasst zum Vorgeben von Zeitfenstern, während denen die hydraulische Schalteinrichtung (228) die Fluidverbindung (30) zwischen dem CO₂-Anschluss (20) und der Expansionseinrichtung (34) und/oder zwischen der CO₂-Quelle (24) und der Expansionseinrichtung (34) öffnet und schließt.

44. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hauptverdichtungseinrichtung (44) in Form einer Extrudiereinrichtung (84) ausgebildet ist.
45. Vorrichtung nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, dass die Extrudiereinrichtung (84) mindestens eine Extrusionsmatrize (116) mit einer Mehrzahl von Durchbrechungen (118) umfasst.
46. Vorrichtung nach Anspruch 44 oder 45, dadurch gekennzeichnet, dass die Extrudiereinrichtung (84) in Form eines Zahnradverdichters (46) ausgebildet ist.
47. Vorrichtung nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, dass der Zahnradverdichter (46) mindestens ein um eine erste Drehachse (88) rotierbar gelagertes Verdichterrad (86) mit einer Mehrzahl von Verdichtungselementen (96) und mindestens ein mit dem mindestens einen Verdichterrad (86) zusammenwirkendes, um eine zweite Drehachse (90) rotierbar gelagertes Aufnahmerad (92) mit einer Mehrzahl von korrespondierend zu den Verdichtungselementen (96) ausgebildeten Schneeaufnahmen (98) zum Aufnehmen von CO₂-Schnee (36) umfasst.
48. Vorrichtung nach Anspruch 46 oder 47, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (224) mit dem Zahnradverdichter (46) zusammenwirkend ausgebildet ist zum Steuern einer Drehzahl des Zahnradverdichters (46).
49. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (224) mit der Hauptverdichtungseinrichtung (44) zusammenwirkend ausgebildet ist zum Steuern einer Betriebsart der Hauptverdichtungseinrichtung (44).
50. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 47 bis 49, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrzahl von Verdichtungselementen (96) in Form von in

radialer Richtung vom Verdichterrad (86) abstehenden Zähnen (94) ausgebildet ist und/oder dass die Mehrzahl von Schneeaufnahmen (98) in Form von in radialer Richtung geöffneter Vertiefungen ausgebildet ist.

51. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 47 bis 50, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Verdichterrad (86) und das mindestens eine Aufnahmerad (92) identisch oder im Wesentlichen identisch ausgebildet sind.
52. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 47 bis 51, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrzahl von Schneeaufnahmen (98) in Form von Zwischenräumen ausgebildet ist, die zwischen der Mehrzahl von Verdichtungselementen (96) angeordnet oder ausgebildet sind.
53. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 47 bis 52, dadurch gekennzeichnet, dass jede der Mehrzahl von Durchbrechungen (118) eine Längsachse definiert, die sich in radialer oder im Wesentlichen in radialer Richtung von der ersten oder zweiten Drehachse (88, 90) weg erstreckt.
54. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 47 bis 53, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Mehrzahl von Durchbrechungen (118) im Querschnitt in Richtung auf die erste oder zweite Drehachse (88, 90) verjüngen.
55. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 45 bis 54, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrzahl von Durchbrechungen (118) versenkt oder abgerundet ausgebildet sind.
56. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 47 bis 55, dadurch gekennzeichnet, dass jede Schneeaufnahme (98) mit mindestens einer Durchbrechung (118) in Fluidverbindung steht.
57. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 47 bis 56, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichterrad (86) eine Verdichterradhülse (112) mit einer

Verdichterradhülsenwand umfasst und dass die Verdichtungselemente (96) auf einer Außenseite der Verdichterradhülse (112) angeordnet oder ausgebildet sind.

58. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 47 bis 57, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufnahmerad (92) eine Aufnahmeradhülse (114) mit einer Aufnahmeradhülsenwand umfasst und dass die Schneeaufnahmen (98) in der Aufnahmeradhülsenwand angeordnet oder ausgebildet sind.
59. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 47 bis 58, gekennzeichnet durch eine Antriebseinrichtung (100) zum Antreiben des mindestens einen Verdichterrads (86) und/oder des mindestens einen Aufnahmerads (92).
60. Vorrichtung nach Anspruch 59, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (224) mit der Antriebseinrichtung (100) zusammenwirkend ausgebildet ist zum Steuern einer Drehzahl der Antriebseinrichtung (100).
61. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (224) eine Drehzahlvorgabeeinrichtung (240) umfasst, insbesondere zum Steuern einer Drehzahl des Zahnradverdichters (46) oder der Antriebseinrichtung (100).
62. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 47 bis 61, gekennzeichnet durch eine Abstreifeinrichtung (122) zum Abstreifen der ausgebildeten CO₂-Pellets (16) von dem mindestens einen Verdichterrad (86) und/oder von dem mindestens einen Aufnahmerad (92).
63. Vorrichtung nach Anspruch 62, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstreifeinrichtung (122) mindestens ein Abstreifelement (124) umfasst, welches in einem von der Verdichterradhülse (112) definierten Verdichterradhülseninnenraum (128) oder in einem von der Aufnahmeradhülse

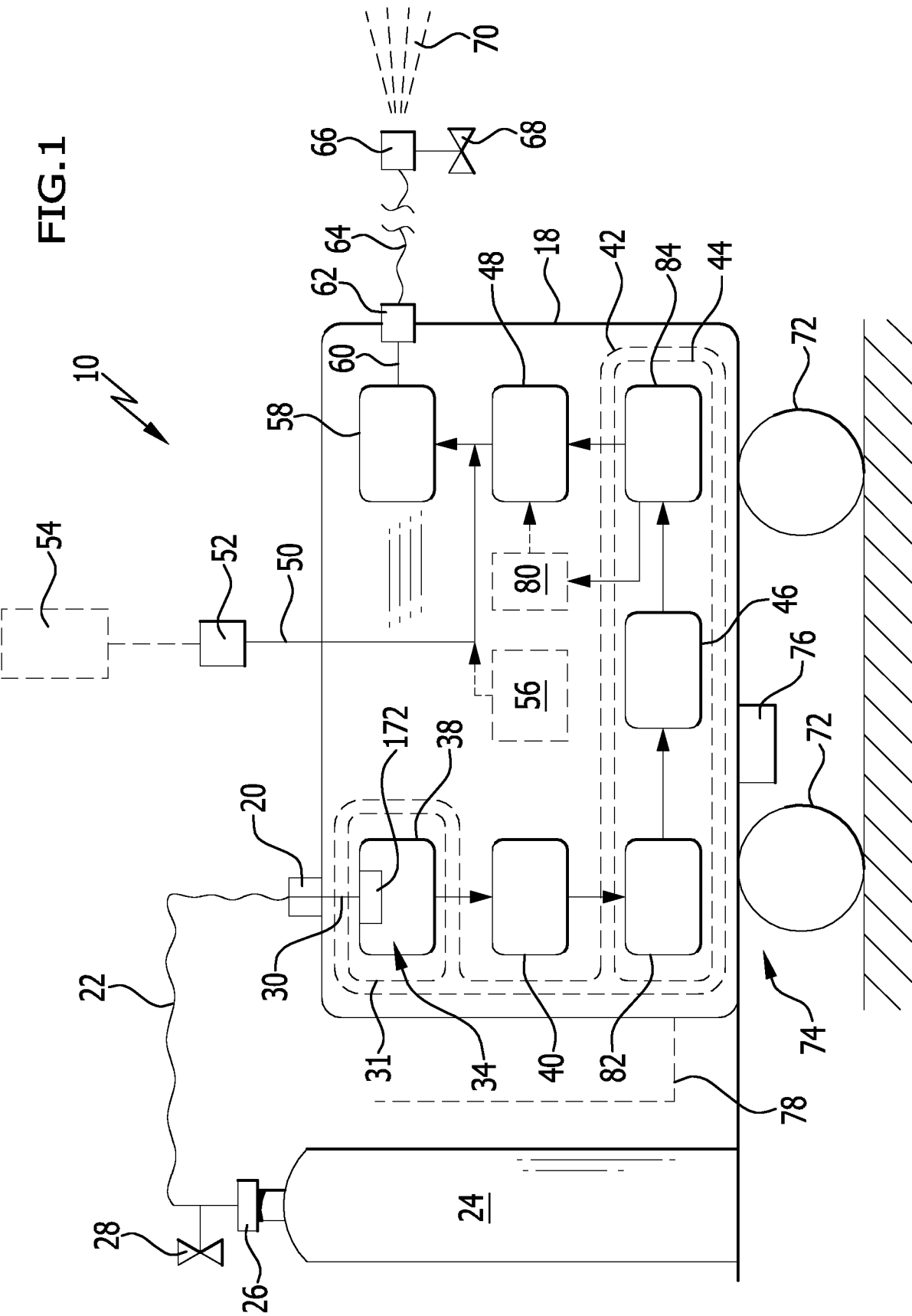
(114) definierten Aufnahmeradhülseninnenraum (132) angeordnet oder ausgebildet ist oder in diese mindestens teilweise hineinragt.

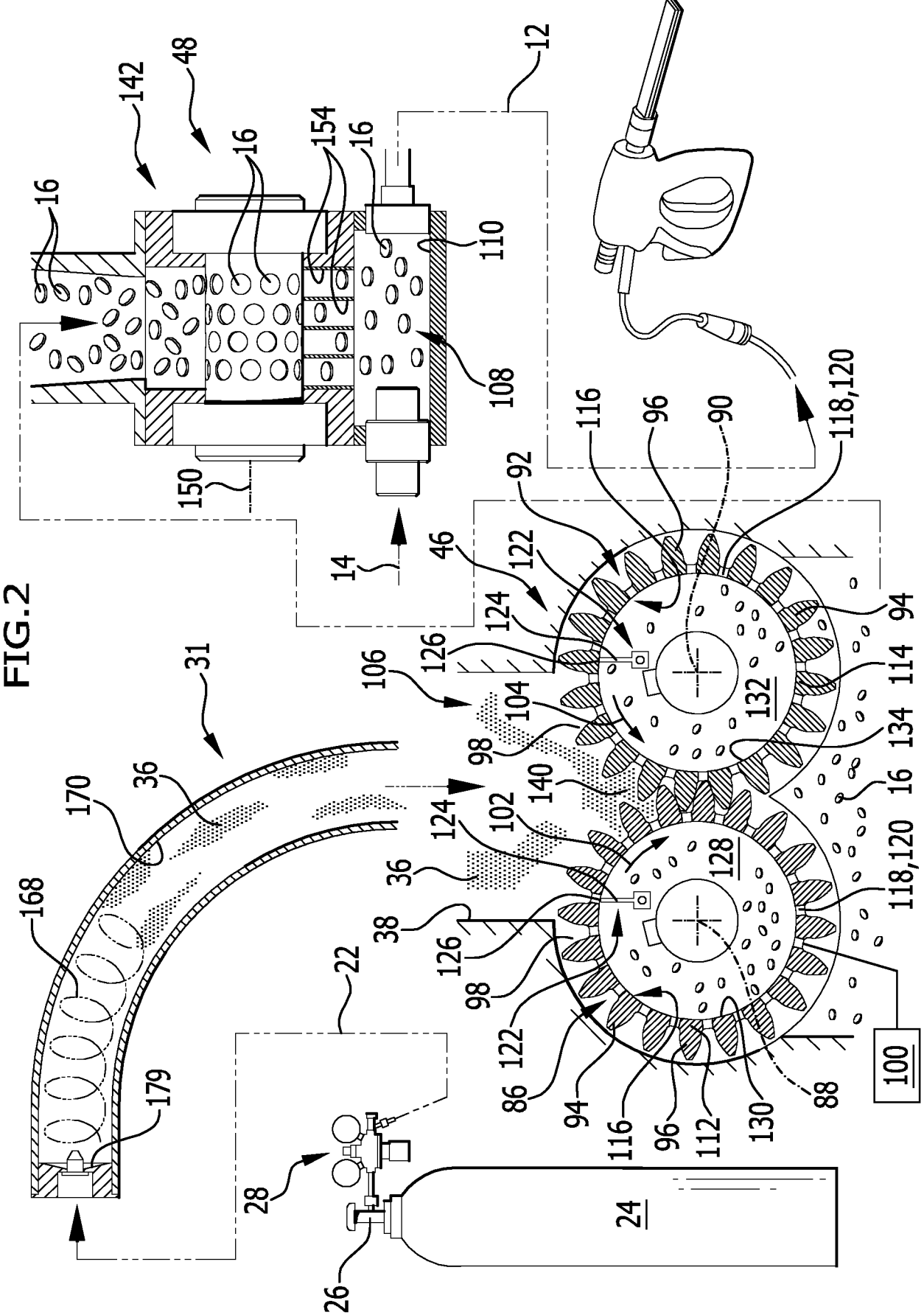
64. Vorrichtung nach Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Abstreifelement (124) eine Abstreifkante (126) umfasst, welche eine den Verdichterradhülseninnenraum (128) begrenzende Verdichterradhülseninnenfläche (130) der Verdichterradhülse (112) berührt oder nahezu berührt oder eine den Aufnahmeradhülseninnenraum (132) begrenzende Aufnahmeradhülseninnenfläche (134) der Aufnahmeradhülse (114) berührt oder nahezu berührt.
65. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hauptverdichtungseinrichtung (44) einen Pelletauslass (138) zum Abgeben von CO₂-Pellets (16) aufweist.
66. Vorrichtung nach Anspruch 65, dadurch gekennzeichnet, dass der Pelletauslass (138) in Schwerkraftrichtung unterhalb der Hauptverdichtungseinrichtung (44) angeordnet oder ausgebildet ist.
67. Vorrichtung nach Anspruch 65 oder 66, dadurch gekennzeichnet, dass der Pelletauslass (138) mit einem Zwischenspeicher (80) zum Zwischenspeichern erzeugter CO₂-Pellets (16) in fluidwirksamer Verbindung steht.
68. Vorrichtung nach Anspruch 67, dadurch gekennzeichnet, dass der Pelletauslass (138) oder der Zwischenspeicher (80) mit einer Übergabeeinrichtung (48) zum Übergeben erzeugter CO₂-Pellets (16) in eine CO₂-Pellet-Beschleunigungseinrichtung (58) zum Beschleunigen derselben in fluidwirksamer Verbindung steht.
69. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 65 bis 68, gekennzeichnet durch eine Drucktrenneinrichtung (106) zur Ausbildung einer Druckstufe zwischen der Expansionseinrichtung (34) und dem Pelletauslass (138).

70. Vorrichtung nach Anspruch 69, dadurch gekennzeichnet, dass die Drucktrenneinrichtung (106) mindestens ein gasdichtes oder im Wesentlichen gasdichtes Dichtelement (140) umfasst und dass das mindestens eine Dichtelement (140) zwischen der Expansionseinrichtung (34) und dem Pelletauslass (138) angeordnet ist.
71. Vorrichtung nach Anspruch 70, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Dichtelement (140) aus CO₂-Schnee (36), insbesondere komprimiertem CO₂-Schnee (36), ausgebildet ist.
72. Vorrichtung nach Anspruch 70 oder 71, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Dichtelement (140) zwischen dem mindestens einen Verdichterrad (86) und dem mindestens einen Aufnahmerad (92) angeordnet oder ausgebildet ist.
73. Reinigungsgerät (10) zum Bestrahlen von zu behandelnden Oberflächen mit einem Gemischstrom (12) aus einem Druckgas (14) und CO₂-Pellets (16), gekennzeichnet durch eine Vorrichtung (42) zur Herstellung von hochfesten CO₂-Pellets (16) aus CO₂-Schnee (36) nach einem der voranstehenden Ansprüche.
74. Reinigungsgerät nach Anspruch 73, gekennzeichnet durch einen CO₂-Anschluss (20) zum Verbinden mit einer flüssiges CO₂-enthaltenden CO₂-Quelle (24) oder durch eine flüssiges CO₂-enthaltende CO₂-Quelle (24).
75. Reinigungsgerät nach Anspruch 73 oder 74, gekennzeichnet durch einen Druckgasanschluss (52) zum Verbinden mit einer Druckgaserzeugungseinrichtung (54) oder durch eine Druckgaserzeugungseinrichtung (56).
76. Reinigungsgerät nach einem der Ansprüche 73 bis 75, gekennzeichnet durch eine Übergabeeinrichtung (48) zum Übergeben der CO₂-Pellets

(16) in eine CO₂-Pellet-Beschleunigungseinrichtung (58) zum Beschleunigen derselben.

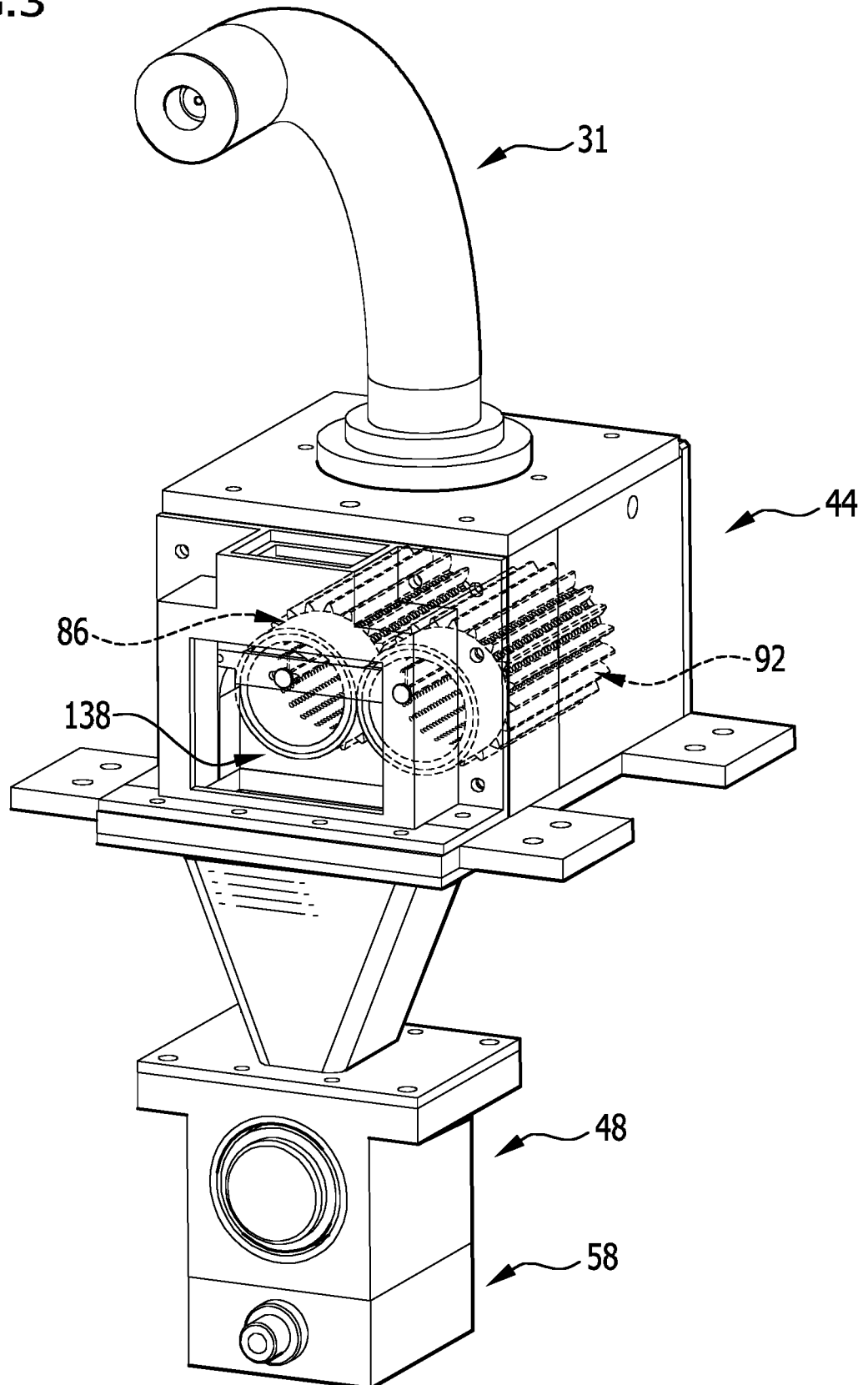
77. Reinigungsgerät nach einem der Ansprüche 73 bis 76, gekennzeichnet durch eine CO₂-Pellet-Beschleunigungseinrichtung (58), welche insbesondere eine mit dem Druckgasanschluss (52) oder der Druckgaserzeugungseinrichtung (54, 56) in Fluidverbindung stehende Druckgasleitung (50) umfasst.
78. Reinigungsgerät nach Anspruch 76 oder 77, dadurch gekennzeichnet, dass die Übergabeeinrichtung (48) und/oder die CO₂-Pellet-Beschleunigungseinrichtung (58) mindestens eine Venturi-Düse (108) umfasst.
79. Reinigungsgerät nach einem der Ansprüche 76 bis 78, dadurch gekennzeichnet, dass die Übergabeeinrichtung (48) stromabwärts einen Strahlanschluss (62) umfasst zum Verbinden mit einer Strahlleitung (64) oder dass die Übergabeeinrichtung (48) stromabwärts mit einer Strahlleitung (64) fluidwirksam verbunden ist.
80. Reinigungsgerät nach Anspruch 79, dadurch gekennzeichnet, dass an einem freien Ende der Strahlleitung (64) eine Strahldüse (66) angeordnet oder ausgebildet ist.
81. Reinigungsgerät nach einem der Ansprüche 73 bis 80, gekennzeichnet durch einen CO₂-Pellet-Zwischenspeicher (80) zum Zwischenspeichern erzeugter CO₂-Pellets (16).
82. Reinigungsgerät nach Anspruch 81, dadurch gekennzeichnet, dass der CO₂-Pellet-Zwischenspeicher (80) einerseits mit der Hauptverdichtungseinrichtung (44) und andererseits mit der Übergabeeinrichtung (48) direkt oder indirekt in Fluidverbindung steht.





3/8

FIG.3



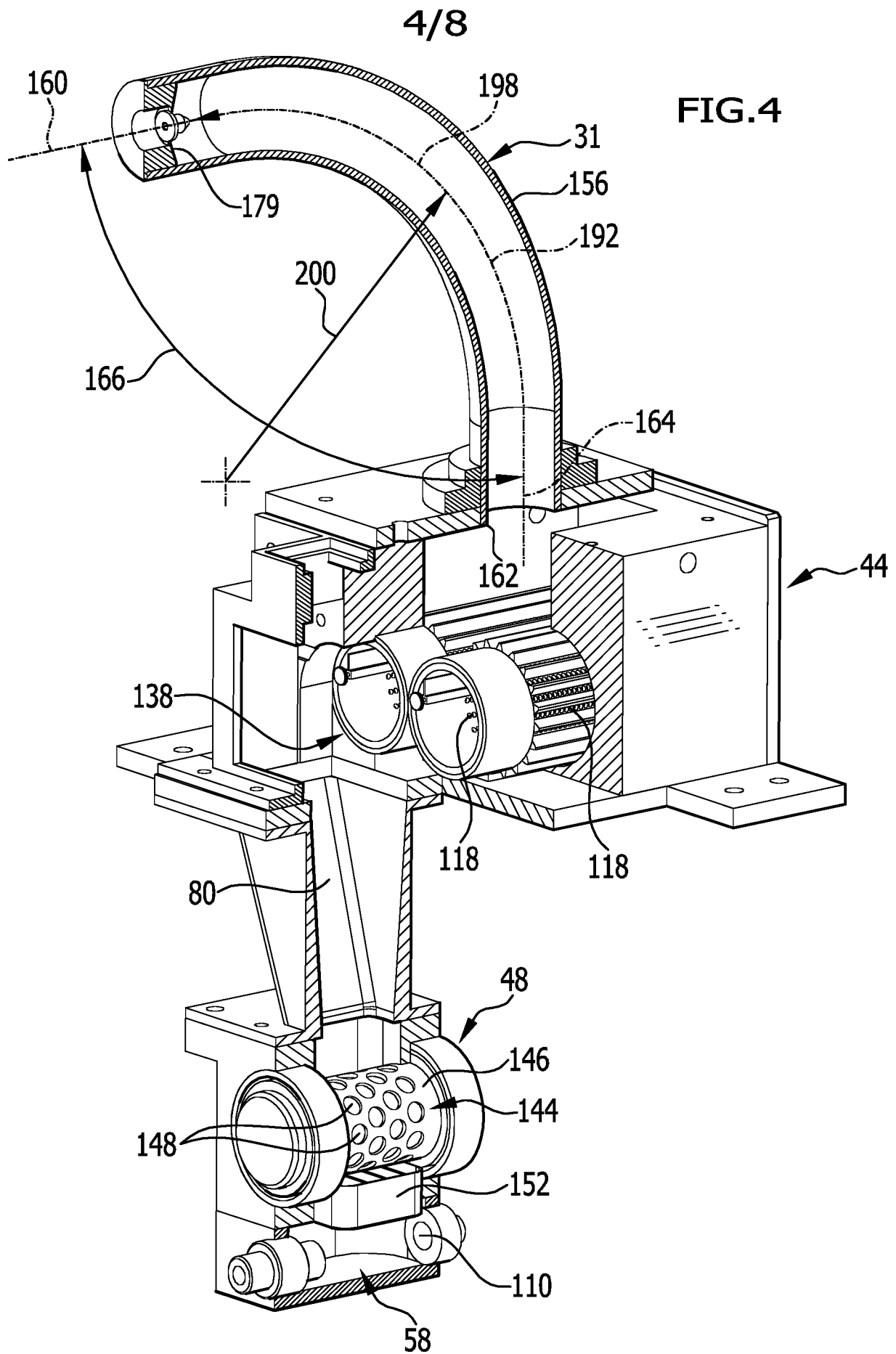
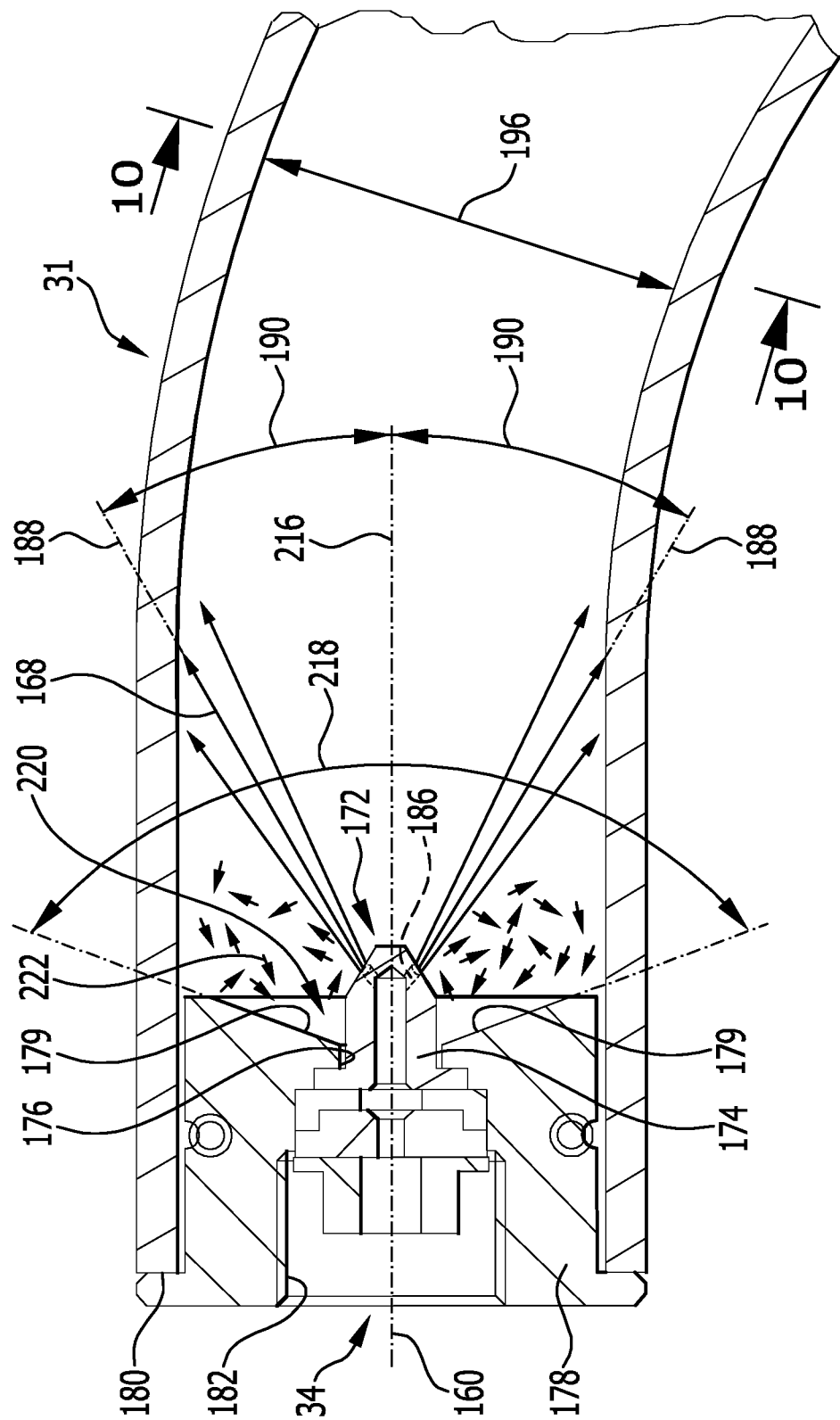


FIG.5



6/8
FIG.6

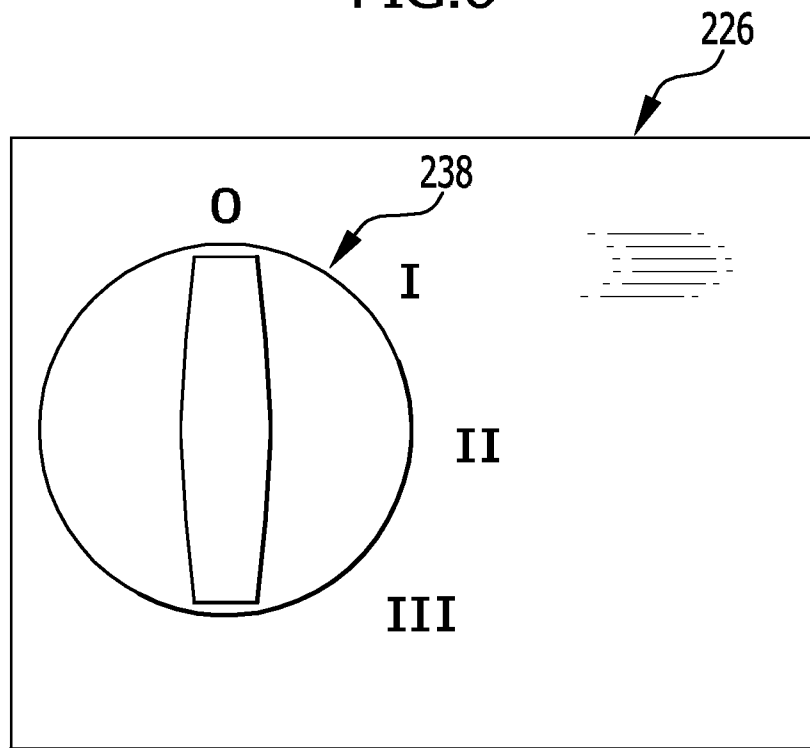
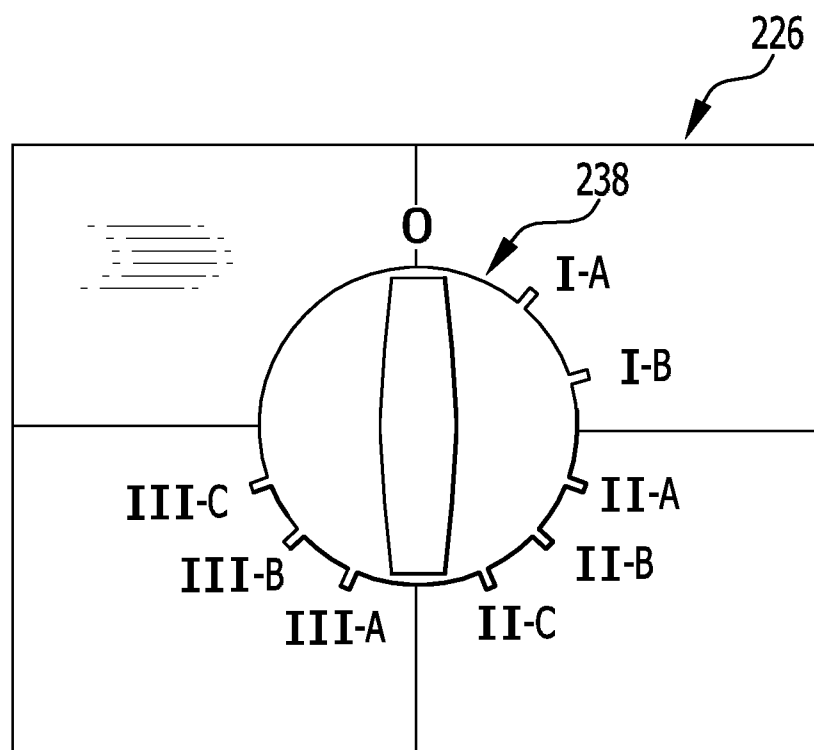
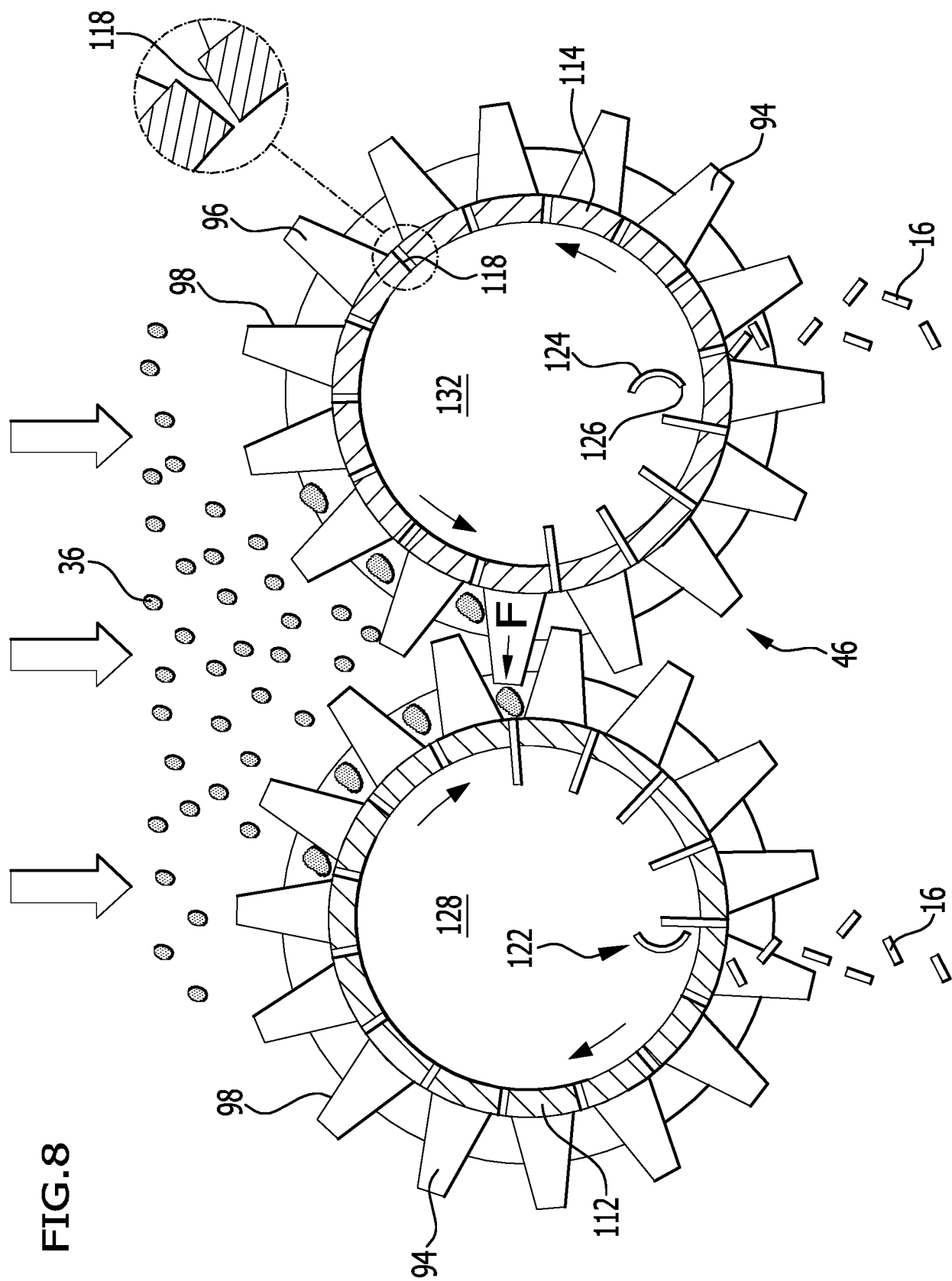


FIG.7





8/8

FIG.9

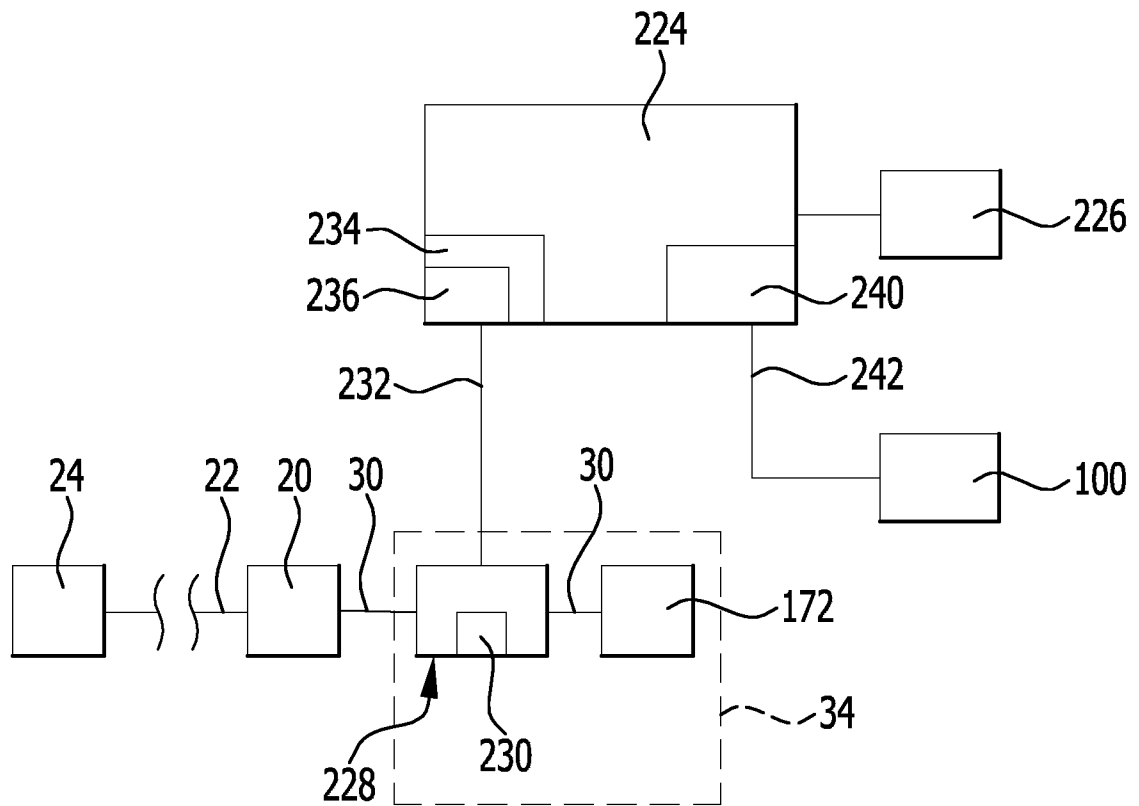
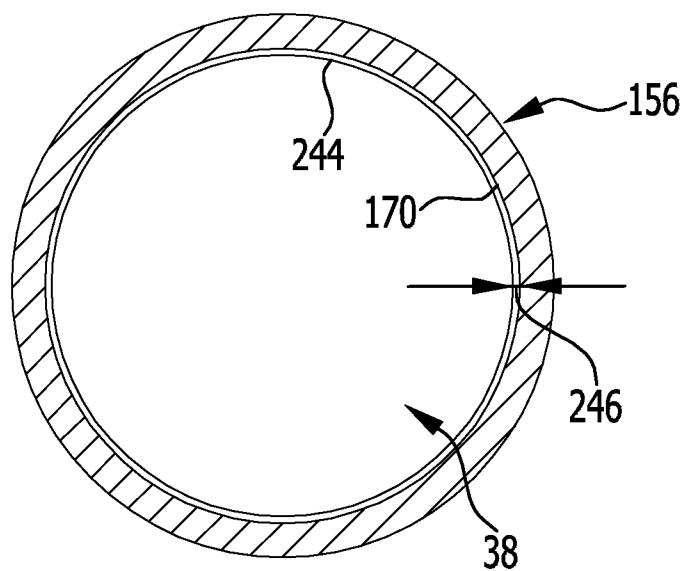


FIG.10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2017/083738

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B24C 1/00**(2006.01)i; **B24C 11/00**(2006.01)i; **B24C 7/00**(2006.01)i; **C01B 32/55**(2017.01)i; **B30B 11/20**(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B24C; C01B; B30B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5475981 A (BECKER JAMES R [US]) 19 December 1995 (1995-12-19)	1-7,9,10,17,20,21, 30-39,41-45,49, 65-69,73-77,79-82
Y	column 3, line 19 - line 23 column 3, line 52 - line 54 column 4, line 3 - line 12 column 4, line 49 - line 56 column 5, line 3 - line 9; figures 1-3	8,11-14,19,23,46- 48,50-64,70-72,78
X	FR 2654717 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 24 May 1991 (1991-05-24)	1-4,6-8
A	page 3, paragraph 4 page 4, last paragraph - page 5, paragraph 2; figure 1	54
X	EP 1235745 B1 (KONINGS HUIBERT [NL]) 17 August 2005 (2005-08-17)	4
A	column 1, line 35 - line 37 paragraphs [0005] - [0007]; figure 1	1,2,73

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 August 2018

Date of mailing of the international search report

10 August 2018

Name and mailing address of the ISA/EP

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

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

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

Authorized officer

Carmichael, Guy

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2017/083738

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	WO 2017194175 A1 (ALFRED KÄRCHER GMBH & CO KG [DE]) 16 November 2017 (2017-11-16) the whole document	4
Y A	US 5548960 A (ANDERSON WILLIAM E [US] ET AL) 27 August 1996 (1996-08-27) column 11, line 6 - line 15; figure 5	8,23 1-7
Y	US 5514024 A (GOENKA LAKHI N [US]) 07 May 1996 (1996-05-07) column 3, line 36 - line 58; claim 1; figures 2,5,7	11-14,19
Y	DE 102013113275 A1 (ALFRED KÄRCHER GMBH & CO KG [DE]) 03 June 2015 (2015-06-03) cited in the application the whole document	46-48,50-53, 56-64,70-72
Y	NL 9401327 A (HUIBERT KONINGS [NL]) 01 April 1996 (1996-04-01) figure 3	54,55
A	US 4444023 A (BARBINI RICHARD J [US] ET AL) 24 April 1984 (1984-04-24) figure 1	20-38
A	WO 03101667 A1 (LINDE AG [DE]; ADLER ROBERT [AT]) 11 December 2003 (2003-12-11) page 6, line 17 - line 19	54
Y A	US 2009029632 A1 (BECKER JAMES R [US]) 29 January 2009 (2009-01-29) the whole document	78 73-77,79-82

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2017/083738

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	5475981	A	19 December 1995	NONE			
FR	2654717	A1	24 May 1991	NONE			
EP	1235745	B1	17 August 2005	AT	302160	T	15 September 2005
				AU	2235801	A	04 June 2001
				DE	60022078	D1	22 September 2005
				DE	60022078	T2	08 June 2006
				EP	1235745	A1	04 September 2002
				NL	1013692	C2	30 May 2001
				WO	0138221	A1	31 May 2001
WO	2017194175	A1	16 November 2017	NONE			
US	5548960	A	27 August 1996	AU	7472294	A	13 February 1995
				US	5419138	A	30 May 1995
				US	5548960	A	27 August 1996
				WO	9502797	A1	26 January 1995
US	5514024	A	07 May 1996	NONE			
DE	102013113275	A1	03 June 2015	CN	105848828	A	10 August 2016
				DE	102013113275	A1	03 June 2015
				DK	3074180	T3	16 April 2018
				EP	3074180	A1	05 October 2016
				ES	2664138	T3	18 April 2018
				JP	2017500192	A	05 January 2017
				PL	3074180	T3	31 July 2018
				US	2016271755	A1	22 September 2016
				WO	2015079022	A1	04 June 2015
NL	9401327	A	01 April 1996	NONE			
US	4444023	A	24 April 1984	AU	8571782	A	03 March 1983
				GB	2110806	A	22 June 1983
				JP	H0314764	B2	27 February 1991
				JP	S5841710	A	11 March 1983
				US	4375755	A	08 March 1983
				US	4444023	A	24 April 1984
WO	03101667	A1	11 December 2003	AU	2003238424	A1	19 December 2003
				DE	10224778	A1	18 December 2003
				WO	03101667	A1	11 December 2003
US	2009029632	A1	29 January 2009	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B24C1/00	B24C11/00 B24C7/00 C01B32/55 B30B11/20
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
B24C C01B B30B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 475 981 A (BECKER JAMES R [US]) 19. Dezember 1995 (1995-12-19)	1-7,9, 10,17, 20,21, 30-39, 41-45, 49, 65-69, 73-77, 79-82
Y	Spalte 3, Zeile 19 - Zeile 23 Spalte 3, Zeile 52 - Zeile 54 Spalte 4, Zeile 3 - Zeile 12 Spalte 4, Zeile 49 - Zeile 56 Spalte 5, Zeile 3 - Zeile 9; Abbildungen 1-3 ----- -/-	8,11-14, 19,23, 46-48, 50-64, 70-72,78
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
1. August 2018		10/08/2018
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Carmichael, Guy

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FR 2 654 717 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 24. Mai 1991 (1991-05-24)	1-4,6-8
A	Seite 3, Absatz 4 Seite 4, letzter Absatz - Seite 5, Absatz 2; Abbildung 1	54
X	EP 1 235 745 B1 (KONINGS HUIBERT [NL]) 17. August 2005 (2005-08-17)	4
A	Spalte 1, Zeile 35 - Zeile 37 Absätze [0005] - [0007]; Abbildung 1	1,2,73
X,P	WO 2017/194175 A1 (ALFRED KÄRCHER GMBH & CO KG [DE]) 16. November 2017 (2017-11-16) das ganze Dokument	4
Y	US 5 548 960 A (ANDERSON WILLIAM E [US] ET AL) 27. August 1996 (1996-08-27)	8,23
A	Spalte 11, Zeile 6 - Zeile 15; Abbildung 5	1-7
Y	US 5 514 024 A (GOENKA LAKHI N [US]) 7. Mai 1996 (1996-05-07)	11-14,19
	Spalte 3, Zeile 36 - Zeile 58; Anspruch 1; Abbildungen 2,5,7	
Y	DE 10 2013 113275 A1 (ALFRED KÄRCHER GMBH & CO KG [DE]) 3. Juni 2015 (2015-06-03) in der Anmeldung erwähnt	46-48, 50-53, 56-64, 70-72
	das ganze Dokument	
Y	NL 9 401 327 A (HUIBERT KONINGS [NL]) 1. April 1996 (1996-04-01)	54,55
	Abbildung 3	
A	US 4 444 023 A (BARBINI RICHARD J [US] ET AL) 24. April 1984 (1984-04-24)	20-38
	Abbildung 1	
A	WO 03/101667 A1 (LINDE AG [DE]; ADLER ROBERT [AT]) 11. Dezember 2003 (2003-12-11)	54
	Seite 6, Zeile 17 - Zeile 19	
Y	US 2009/029632 A1 (BECKER JAMES R [US]) 29. Januar 2009 (2009-01-29)	78
A	das ganze Dokument	73-77, 79-82

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/083738

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5475981	A	19-12-1995	KEINE
FR 2654717	A1	24-05-1991	KEINE
EP 1235745	B1	17-08-2005	AT 302160 T 15-09-2005 AU 2235801 A 04-06-2001 DE 60022078 D1 22-09-2005 DE 60022078 T2 08-06-2006 EP 1235745 A1 04-09-2002 NL 1013692 C2 30-05-2001 WO 0138221 A1 31-05-2001
WO 2017194175	A1	16-11-2017	KEINE
US 5548960	A	27-08-1996	AU 7472294 A 13-02-1995 US 5419138 A 30-05-1995 US 5548960 A 27-08-1996 WO 9502797 A1 26-01-1995
US 5514024	A	07-05-1996	KEINE
DE 102013113275	A1	03-06-2015	CN 105848828 A 10-08-2016 DE 102013113275 A1 03-06-2015 DK 3074180 T3 16-04-2018 EP 3074180 A1 05-10-2016 ES 2664138 T3 18-04-2018 JP 2017500192 A 05-01-2017 US 2016271755 A1 22-09-2016 WO 2015079022 A1 04-06-2015
NL 9401327	A	01-04-1996	KEINE
US 4444023	A	24-04-1984	AU 8571782 A 03-03-1983 GB 2110806 A 22-06-1983 JP H0314764 B2 27-02-1991 JP S5841710 A 11-03-1983 US 4375755 A 08-03-1983 US 4444023 A 24-04-1984
WO 03101667	A1	11-12-2003	AU 2003238424 A1 19-12-2003 DE 10224778 A1 18-12-2003 WO 03101667 A1 11-12-2003
US 2009029632	A1	29-01-2009	KEINE