



SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,  
VN, WS, 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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

---

out the method, having two reservoirs, a nanobubble generator, and a pressurized gas unit which contains a highly pressurized gas or a capability to reduce the volume of the reservoirs.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer Flüssigkeit, welche eine hohe Konzentration an kleinsten Blasen beinhaltet. Dafür wird eine Flüssigkeit in einem Reservoir (5) bereitgestellt und durch einen Nanoblasengenerator (7) in ein zweites Reservoir (6) verbracht. Das Besondere an diesem Verfahren ist, dass die Kraft zum Bewegen der Flüssigkeit durch einen Druckunterschied in den Behältern, also insbesondere durch ein unter hohem Druck stehendes Gas oder durch ein reduziertes Volumen eines der Reservoirs, zur Verfügung gestellt wird, welches aus einer an das entsprechende Reservoir angeschlossenen Druckgaseinheit (2) ausströmt. Die Flüssigkeit kann zur Erhöhung der Konzentration an kleinsten Blasen wieder in das erste Reservoir geleitet werden, wobei die vorbeschriebenen Schritte beliebig oft wiederholt werden können. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, welche zwei Reservoirs, einen Nanoblasengenerator und eine ein unter hohem Druck stehendes Gas beinhaltende Druckgaseinheit oder eine Möglichkeit der Volumenreduzierung in den Reservoirs aufweist.

## **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer eine hohe Konzentration an kleinsten Blasen enthaltenden Flüssigkeit**

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer eine hohe Konzentration an kleinsten Blasen enthaltenden Flüssigkeit, bei dem eine Flüssigkeit von einem ersten Reservoir über einen Nanoblasengenerator in ein zweites Reservoir geleitet wird, sowie eine Vorrichtung zur Erzeugung einer eine hohe Konzentration an  
10 kleinsten Blasen enthaltenden Flüssigkeit gemäß diesem Verfahren.

Kleinste Blasen enthaltende Flüssigkeiten werden in diversen Bereichen eingesetzt, wie beispielsweise in der Medizin als Ultraschallkontrastmittel oder auch in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, insbesondere zur Reinigung. Dafür ist es notwendig, diese Blasen effizient und in hoher Konzentration zu erzeugen.

15 Zur allgemeinen Erzeugung von Blasen in Flüssigkeiten wird ein Gas der entsprechenden Flüssigkeit zugeführt, wobei mehrere unterschiedliche Methoden eingesetzt werden, um die Blasen in der Flüssigkeit zu generieren. So können Blasen hydrodynamisch, akustisch, optisch oder durch Partikelkavitation erzeugt werden. Bei der Erzeugung von kleinsten Blasen, also besonders kleiner, feiner oder ultra-  
20 feiner Blasen, wird häufig eine hydrodynamische Methode eingesetzt, da sie vergleichsweise kostengünstig und effektiv ist. Diese Methode beruht darauf, dass einer sich bewegenden Flüssigkeit ein Gas zugeführt wird und zusätzlich eine Kraft auf das Gas ausgeübt wird. Diese Kraft kann auf einer Zirkulation - Gas-Wasser-Zirkulation - oder aber auf Druck - Gas-Wasser-Dekompression - beru-  
25 hen. Insbesondere zur Erzeugung von kleinsten Blasen, also von winzigen Gas-hohlräumen im Wasser zur weiteren Verbesserung des Gasgehalts, wird in der Regel eines dieser beiden Verfahren angewandt. Dabei wird eine Erhöhung des Gehalts an gelöstem Gas in der Flüssigkeit üblicherweise durch Übersättigung erreicht.

30 Es wurden bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden und Vorrichtungen zur Generierung von kleinsten Blasen einer Größe im Bereich von Nanometern oder Mikrometern vorgeschlagen. Die bestehenden Methoden erzeugen derartige

kleinste Blasen in einem Tank unter hohem Druck oder sie verwenden eine Pumpe, um die Flüssigkeit zu zirkulieren.

So ist in der KR 101894870 B1 eine Vorrichtung offenbart, welche kleinste Blasen dadurch produziert, dass Gas dem Wasser in einem Auflösungstank zugesetzt  
5 wird. Für die notwendige Zirkulation des Wassers wird dabei ein Motor genutzt. Ein solcher Motor arbeitet mit mechanischen, beweglichen Teilen und kann somit nachteilig zu einem Eintrag an Fremdpartikeln führen.

Kleinste Blasen werden insbesondere auch für Lebensmittel, insbesondere für kohlensäurehaltige Getränke, benötigt. Ein solches Verfahren ist in der  
10 EP 2 213 180 A1 offenbart. Dabei wird deionisiertes Wasser gekühlt und anschließend eine Pumpe zur Zirkulation des Wassers aktiviert. Ein Nanoblasengenerator wird genutzt, um diesem Wasser gleichzeitig Kohlenstoffdioxid zuzuführen. Um eine konstante Temperatur zu gewährleisten, ist hier allerdings während des Verfahrens eine Temperaturkontrolle und ein entsprechendes Nachjustieren mit-  
15 tels eines Kühlmantels oder eines Wärmetauschers notwendig.

Die KR 20200025081 A offenbart ein Verfahren, um hochkonzentriertes Wasserstoffwasser herzustellen. Dabei werden das Wasser und das Wasserstoffgas unter Verwendung einer Mischvorrichtung zusammengeführt und nachfolgend in einen Tank geleitet. Innerhalb des Tanks wird das Wasserstoffgas dem Wasser unter  
20 hohem Druck zugesetzt. Dieser hohe Druck wird dabei durch eine Pumpeinheit generiert. Anschließend wird das Wasser mit dem zugesetzten Wasserstoffgas in einen weiteren Behälter geleitet und dort gespeichert. Während des Verfahrens beträgt die Temperatur 20 bis 25 °C. Durch den Einsatz der Pumpe kommt es hier nachteilig zu einer Erwärmung der Flüssigkeit. Wenn sich die Flüssigkeit dann  
25 wieder abkühlt, löst sich Gas, welches in Form von feinen Blasen innerhalb der Flüssigkeit bereits gelöst war, wieder aus der Flüssigkeit heraus. Dadurch wird die Konzentration der Blasen folglich wieder reduziert, was die Effizienz des Verfahrens verringert.

Eine Methode zur Erzeugung einer hohen Konzentration feiner Blasen mit einer  
30 Größe von etwa 1 µm wird in der EP 3 241 604 A1 beschrieben. Dabei wird eine Flüssigkeit, welche bereits eine gewisse Konzentration feiner Blasen aufweist, er-

hitzt und durch eine zusätzliche Verringerung des Druckes verdampft. Mittels einer Volumenreduzierung wird eine hohe Konzentration feiner Blasen erhalten. Durch Erhitzen der Flüssigkeit sinkt allerdings nachteilig die Menge an Gas, welche physikalisch in der Flüssigkeit gelöst werden kann. Eine alternative Methode wird in  
5 der EP 3 231 502 A1 beschrieben. Dabei wird ein Filter genutzt, welcher für einen Teil der Blasen undurchlässig ist. Dadurch kann ebenfalls eine hohe Konzentration erhalten werden. Es ist auch möglich, diese beiden Methoden, wie in  
EP 2 946 829 A1 beschrieben, zu kombinieren. Nachteilig ist Filtrieren aber nicht für alle Größen von kleinsten Blasen durchführbar und es muss zusätzliche Ener-  
10 gie aufgewandt werden, um das Filtrieren zu realisieren.

Mittels der bekannten Methoden aus dem Stand der Technik können kleinste Blasen in einer Konzentration von bis zu ca.  $10^8 \text{ ml}^{-1}$  in einer Flüssigkeit generiert werden. Für eine Erweiterung des Anwendungsspektrums, insbesondere auch im Bereich der Medizin, der Biologie und der Chemie, sind allerdings höhere Konzen-  
15 trationen erforderlich, um eine Verbesserung der Wirkung zu erreichen.

In der US 2015 / 0 343 399 A1 wird ein Nanoblasengenerator mit einer Druckgaszuführung zu einem Behälter offenbart. Dabei erfolgt die Gaszufuhr auch in den Kopfraum des Behälters und die Flüssigkeit wird so lange rezirkuliert, bis eine vorgegebene Konzentration an Nanoblasen erreicht wird. Hier wird die Verwendung  
20 eines Ultraschallvibrators vorgeschlagen und es werden hohe Nanoblasenkonzentrationen erreicht.

Allerdings birgt eine Verwendung von Pumpen, aufgrund der Verwendung von mechanischen, beweglichen Bauteilen, immer die Gefahr eines unerwünschten Eintrags an Fremdpartikeln.

25 Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, höhere Konzentrationen an kleinsten Blasen in Flüssigkeiten zur Verfügung zu stellen, die Effizienz des Verfahrens zu erhöhen und die Qualität der mit kleinsten Blasen versetzten Flüssigkeit zu verbessern.

Die Aufgabe wird durch einen Gegenstand mit den Merkmalen gemäß der selbst-  
30 ständigen Patentansprüche gelöst. Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Aufgabe wird insbesondere durch ein Verfahren zur Herstellung einer eine hohe Konzentration an kleinsten Blasen enthaltenden Flüssigkeit gelöst, welches folgende Schritte umfasst:

- a) Bereitstellen einer Flüssigkeit in einem ersten abgeschlossenen Reservoir.
- 5 b) Leiten der Flüssigkeit unter Druck von dem ersten Reservoir in einen Nanoblasengenerator und weiter in ein zweites Reservoir, wobei beim Durchströmen des Nanoblasengenerators in der Flüssigkeit kleinste Blasen erzeugt werden. Die Flüssigkeit wird dabei durch das erste Reservoir mit dem Nanoblasengenerator sowie durch den Nanoblasengenerator mit dem zweiten Reservoir verbindende rohrförmige Verbindungen geleitet.
- 10 c) Leiten der Flüssigkeit von dem zweiten Reservoir in das erste Reservoir. Auch hier wird die Flüssigkeit durch rohrförmige Verbindungen, also durch rohrförmige Leitungen, geleitet.
- d) Wiederholung der Schritte b) und c) so häufig wie notwendig, um die vorgegebene Konzentration an kleinsten Blasen in der Flüssigkeit zu erreichen.
- 15

Dabei wird die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit erfindungsgemäß nicht durch eine Pumpe zur Verfügung gestellt, sondern die Flüssigkeit wird durch eine Schubkraft bewegt, welche auf einem weiteren vorhandenen Fluid oder einem bewegten Schubelement basiert, also durch ein weiteres Fluid oder ein Schubelement zur Verfügung gestellt wird. Die Schubkraft basiert dabei auf einem Gasdruckunterschied in den Reservoirs.

20

Der Druck in dem Reservoir, aus dem die Flüssigkeit abgeleitet wird - in Schritt b also das erste Reservoir und in Schritt c) das zweite Reservoir -, muss notwendigerweise höher sein als der Druck in dem Reservoir, in das die Flüssigkeit geleitet wird - das zweite Reservoir während Schritt b) und das erste Reservoir während Schritt c) -. Dieser Druckunterschied kann auf unterschiedliche Arten hergestellt werden. So ist es möglich, den Druckunterschied durch hydrostatischen Druck, durch Gasdruck oder durch eine Verringerung des Reservoirvolumens zu generieren. Vorzugsweise beträgt der Druckunterschied zwischen den Reservoirs dabei

25

30 mehr als 2 bar.

Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass durch den Verzicht auf eine Pumpe eine nachteilige Erwärmung der Flüssigkeit vermieden wird. Dadurch kann vorteilhaft eine höhere Blasenkonzentration erreicht werden.

Nach einer möglichen Ausführung des Verfahrens ist ein erster Kolben als Schubelement innerhalb des ersten Reservoirs angeordnet und ein zweiter Kolben als Schubelement innerhalb des zweiten Reservoirs angeordnet. Dabei sind die Kolben derart eingerichtet, dass die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit auf einer Volumenreduzierung innerhalb der Reservoirs aufgrund einer Bewegung eines der Kolben basiert.

10 Das Schubelement ist also als Kolben ausgebildet, der eingerichtet ist, das Volumen eines der Reservoirs zu reduzieren. Ein erster Kolben ist innerhalb des ersten Reservoirs angeordnet und kann das Volumen des ersten Reservoirs reduzieren. Dadurch kann während des Schrittes b) die innerhalb des ersten Reservoirs angeordnete Flüssigkeit in Richtung des zweiten Reservoirs geschoben werden. Ein  
15 zweiter Kolben ist innerhalb des zweiten Reservoirs angeordnet und kann das Volumen des zweiten Reservoirs reduzieren. Dabei wird während des Schrittes c) die innerhalb des zweiten Reservoirs angeordnete Flüssigkeit in Richtung des ersten Reservoirs geschoben.

Um eine Reduzierung des Volumens zu realisieren, schließt der Kolben das Reservoir so ab, dass keine Flüssigkeit vorbeiströmen kann. Es besteht also eine  
20 abdichtende Verbindung zwischen dem Kolben und dem Reservoir. Die Volumenreduzierung stellt die Kraft zur Verfügung, welche die Flüssigkeit vom ersten Reservoir in das zweite Reservoir und/ oder vom zweiten Reservoir in das erste Reservoir schiebt. Die Volumenreduzierung innerhalb des Reservoirs wird dabei  
25 durch eine Bewegung eines der Kolben induziert. Die Verwendung eines Kolbens zur Bewegung der Flüssigkeit kann vorteilhaft durchgeführt werden, ohne ein weiteres Fluid in eines der Reservoirs einbringen zu müssen. Das Verfahren kann dadurch in einer abgeschlossenen Vorrichtung durchgeführt werden. Eine Automatisierung ist so leicht realisierbar.

30 Bevorzugt wird die Schubkraft durch ein Gas als weiterem Fluid zur Verfügung gestellt. Das Gas ist in dem Behälter angeordnet, welcher als Druckgaseinheit

ausgebildet ist. Dabei strömt das Gas mit einem Gasdruck aus einer mit dem ersten Reservoir und dem zweiten Reservoir über rohrförmige Verbindungen verbundenen Druckgaseinheit während des Schrittes b) in das erste Reservoir und während des Schrittes c) in das zweite Reservoir, und die Kraft zur Bewegung der  
5 Flüssigkeit wird durch den Gasdruck zur Verfügung gestellt.

Das aus der Druckgaseinheit strömende Gas baut dabei einen Druck auf, welcher die Flüssigkeit während der Schritte b) und c) antreibt. Die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit durch den Nanoblasengenerator wird somit durch den Gasdruck zur Verfügung gestellt.

10 Eine Druckgaseinheit ist im Sinne der Erfindung jede Vorrichtung, welche unter einem erhöhten Druck stehendes Gas generiert, insbesondere ein Gaskompressor oder auch jeder abgeschlossene Behälter, welcher unter einem erhöhten Druck stehendes Gas beinhaltet, beispielsweise eine Gasflasche.

Unter einem Nanoblasengenerator wird eine Vorrichtung zur Erzeugung von  
15 kleinsten Blasen in einer Flüssigkeit verstanden. Dabei wird dem Nanoblasengenerator über eine Gaseintrittsöffnung ein Gas und gleichzeitig über eine Flüssigkeitseintrittsöffnung eine Flüssigkeit zugeführt. Es kann auch eine gemeinsame Eintrittsöffnung für die Flüssigkeit und das Gas verwendet werden, welche dann als kombinierte Gas- und Flüssigkeitseintrittsöffnung fungiert. Innerhalb des Na-  
20 noblasengenerators werden durch eine Kraffteinwirkung auf die Flüssigkeit innerhalb der Flüssigkeit kleinste Blasen erzeugt. Über eine Flüssigkeitsaustrittsöffnung tritt die kleinste Blasen enthaltende Flüssigkeit aus dem Nanoblasengenerator aus. Geeignete Nanoblasengeneratoren nutzen eine hydrodynamische Methode, bei der das Gas in der unter Druck stehenden Flüssigkeit gelöst wird. Daraufhin  
25 wird die Flüssigkeit, in der das Gas gelöst ist, in einen Bereich geleitet, in welchem der Druck stark reduziert ist, beispielsweise durch eine Volumenvergrößerung, sodass sich bei dem Prozess des Auslösens des Gases aus der Flüssigkeit eine große Anzahl an Blasen, insbesondere kleinste Blasen, bildet. Ein Nanoblasengenerator ist somit ein Bauteil zur Herstellung einer kleinste Blasen enthaltenden  
30 Flüssigkeit.

Im Sinne der Erfindung ist eine Blase ein gasförmiger Körper innerhalb einer Flüssigkeit. Kleinste Blasen sind dabei Blasen, entsprechend der Norm ISO 20480-1:2017, mit einem Durchmesser zwischen 10 nm und 100 µm, bevorzugt solche Blasen mit einem Durchmesser zwischen 10 nm und 1000 nm. Es wird hier  
5 zwischen feinen Blasen, welche auch als Mikroblasen oder fine bubbles bezeichnet werden, mit einem Durchmesser von 1 µm bis 100 µm und ultrafeinen Blasen, welche auch als Nanoblasen oder ultrafine bubbles bezeichnet werden, mit einem Durchmesser von 10 nm und 1000 nm unterschieden.

Um einen ausreichenden Druck innerhalb des Nanoblasengenerators zur Verfügung zu stellen, ist es notwendig, dass die Flüssigkeit unter Druck in den Nanoblasengenerator geleitet wird. Die dafür notwendige Kraft wird erfindungsgemäß mittels eines unter Druck aus einer Druckgaseinheit ausströmenden Gases generiert.  
10

Nach einer möglichen Ausgestaltung ist der Druck im zweiten Reservoir geringer und der Druck wird erst bei einem erneuten Einfüllen in das erste Reservoir wieder erhöht.  
15

Vorteilhaft werden dabei keine beweglichen Teile benötigt, sodass eine Kontamination durch Fremdpartikel vermieden wird. Die Flüssigkeit wird bei dieser Methode mit dem Gas vorgesättigt, sodass das Gas im Nanoblasengenerator nicht zu  
20 in der Flüssigkeit gelöstem Gas führt, sondern vorteilhaft genutzt wird, um Blasen zu generieren. Da der Flüssigkeit dabei keine weitere Energie zugeführt wird, ändert sich die Temperatur der Flüssigkeit nicht, sie wird also nicht erwärmt. Somit kann sowohl die Effizienz des Verfahrens verbessert als auch die erreichte Blasenkonzentration erhöht werden. Es können dabei Konzentrationen von  $10^9 \text{ ml}^{-1}$   
25 und mehr erreicht werden. Die Konzentration steigt dabei mit einer Zunahme der durchgeführten Verfahrenszyklen an.

Nach einer möglichen Ausführung des Verfahrens wird zur Reduzierung eines erhöhten Gasdruckes Gas aus dem ersten Reservoir nach, also anschließend an, Schritt b) über ein mit dem ersten Reservoir verbundenes Ventil und/ oder aus  
30 dem zweiten Reservoir nach, also anschließend an, Schritt c) über ein mit dem zweiten Reservoir verbundenes Ventil abgelassen. Eine Verbindung eines Reser-

voirs mit einem Ventil erfolgt vorzugsweise über rohrförmige Verbindungen. Vorteilhaft wird dadurch ein zu hoher Gasdruck wieder reduziert, wodurch Gefahren aufgrund eines zu hohen Gasdruckes vermieden werden.

Bevorzugt liegt der Gasdruck zwischen 2 bar und 20 bar, besonders bevorzugt  
5 zwischen 3 bar und 10 bar. Der maximale Gasdruck ist dabei von der Ausbildung der Vorrichtung zur Erzeugung von kleinsten Blasen abhängig.

Dabei kann es auch eine geeignete Variante sein, den Gasdruck nicht nach jeder Wiederholung zu reduzieren, sondern nur alle 2 bis 5 Wiederholungen. Dadurch wird vorteilhaft die Dauer des Verfahrens reduziert.

10 Eine mögliche Variante sieht vor, dass nach Schritt b) und/ oder nach Schritt c) eine Messung der Nanoblasenkonzentration erfolgt. Auch hier kann eine Messung optional lediglich alle 2 bis 5 Wiederholungen erfolgen. Es ist auch eine geeignete Möglichkeit, dabei auf Erfahrungswerte zurückzugreifen, also auf vorherige Mes-  
15 sungen der Nanoblasenkonzentration bei früheren Prozessen, und somit die Anzahl der Wiederholungen des Verfahrens zu kontrollieren und dabei auf die Messungen zu verzichten. Das erfindungsgemäße Verfahren ist vorteilhaft reproduzierbar, sodass die Höhe der Nanoblasenkonzentration durch die Anzahl der Wiederholungen des Verfahrens bestimmbar ist.

Bevorzugt wird bei diesem Verfahren während des Schrittes c) die Flüssigkeit vom  
20 zweiten Reservoir über den Nanoblasengenerator in das erste Reservoir geleitet. Dabei werden beim Durchströmen des Nanoblasengenerators in der Flüssigkeit kleinste Blasen erzeugt. Die kleinsten Blasen werden also in der Flüssigkeit erzeugt, wenn die Flüssigkeit den Nanoblasengenerator durchströmt.

Eine vorteilhafte Variante des Verfahrens sieht vor, dass zwischen der Druckgas-  
25 einheit und dem ersten Reservoir sowie zwischen der Druckgaseinheit und dem zweiten Reservoir angeordnete Ventile geschaltet werden, um zwischen den Schritten b) und c) zu wechseln. Ventile sind im Sinne der Erfindung Bauteile zur Steuerung des Durchflusses einer Flüssigkeit oder eines Gases durch ein Rohr bzw. eine rohrförmige Verbindung. Ein Ventil kann den Durchfluss des Fluids, also  
30 der Flüssigkeit oder des Gases, komplett absperren.

Wenn das zwischen der Druckgaseinheit und dem ersten Reservoir angeordnete Ventil geöffnet und das zwischen der Druckgaseinheit und dem zweiten Reservoir angeordnete Ventil geschlossen ist, so strömt das Gas in das erste Reservoir und ermöglicht die Durchführung von Schritt b). Es kann dann dazu zu Schritt c) ge-  
5 wechselt werden, dass das zwischen der Druckgaseinheit und dem zweiten Reservoir angeordnete Ventil geöffnet und das zwischen der Druckgaseinheit und dem ersten Reservoir angeordnete Ventil geschlossen wird.

Ein Ventil ist dabei zwischen der Druckgaseinheit und dem ersten Reservoir derart in der rohrförmigen Verbindung angeordnet, dass das Strömen des Gases aus der  
10 Druckgaseinheit in das erste Reservoir möglich ist oder durch das Ventil unterbunden wird. Ein weiteres Ventil ist innerhalb der rohrförmigen Verbindung zwischen der Druckgaseinheit und dem zweiten Reservoir angeordnet. Dieses weitere Ventil kann das Strömen des Gases aus der Druckgaseinheit in das zweite Reservoir erlauben oder blockieren.

15 Eine bevorzugte Variante des Verfahrens nutzt zur Erzeugung von kleinsten Blasen im Nanoblasengenerator das antreibende Gas, welches die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit zur Verfügung stellt, also das unter Druck aus der Druckgaseinheit strömende Gas. Alternativ wird ein Gas verwendet, das dem Nanoblasengenerator über eine separate Gaszufuhr zugeleitet wird. Dabei können auch ver-  
20 schiedene Gase gleichzeitig oder nacheinander im Wechsel zugeleitet werden. Insbesondere ist es auch möglich, gleichzeitig sowohl das antreibende Gas als auch separat zugeführtes Gas für die Generation kleinster Blasen zu verwenden.

Die Aufgabe wird auch durch eine Vorrichtung zur Erzeugung von kleinsten Blasen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gelöst.

25 Die Vorrichtung weist Folgendes auf:

- zwei abgeschlossene Reservoirs,
- einen Nanoblasengenerator mit einer Flüssigkeitseintrittsöffnung und einer Flüssigkeitsaustrittsöffnung, wobei die Flüssigkeitseintrittsöffnung des Nanoblasengenerators über rohrförmige Verbindungen mit dem ersten Reservoir verbunden ist und die Flüssigkeitsaustrittsöffnung des Nanoblasenge-  
30

nerators über rohrförmige Verbindungen und wenigstens ein zwischen dem zweiten Reservoir und dem Nanoblasengenerator angeordnetes Ventil mit dem zweiten Reservoir verbunden ist, und

- einen ein weiteres Fluid enthaltenden Behälter oder ein in einem der Reservoirs angeordnetes Schubelement.

Dabei sind das weitere Fluid oder das Schubelement derart angeordnet und eingerichtet, dass die Flüssigkeit mittels einer Schubkraft durch den Nanoblasengenerator schiebbar ist.

Vorzugsweise ist das Schubelement als Kolben innerhalb des ersten Reservoirs ausgebildet, welcher zu Reduzierung des Volumens im ersten Reservoir eingerichtet ist. Dabei ist die Flüssigkeit durch den Kolben vom ersten Reservoir in das zweite Reservoir schiebbar.

Bevorzugt ist der Behälter eine Druckgaseinheit und ein Gas ist als weiteres Fluid innerhalb der Druckgaseinheit angeordnet. Dabei sind die zwei abgeschlossenen Reservoirs über rohrförmige Verbindungen und Ventile mit der Druckgaseinheit verbunden. Ferner weist die Vorrichtung einen Nanoblasengenerator mit einer Flüssigkeitseintrittsöffnung und einer Flüssigkeitsaustrittsöffnung auf. Dabei wird die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit durch den Nanoblasengenerator durch den Gasdruck des aus der Druckgaseinheit in eines der Reservoirs strömenden Gases zur Verfügung gestellt.

Besonders bevorzugt ist ein erster Kolben als Schubelement im ersten Reservoir angeordnet und ein zweiter Kolben als Schubelement im zweiten Reservoir angeordnet.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist vorzugsweise zwei abgeschlossene Reservoirs, welche über rohrförmige Verbindungen und Ventile mit einer Druckgaseinheit verbunden sind, und einen Nanoblasengenerator mit einer Flüssigkeitseintrittsöffnung und einer Flüssigkeitsaustrittsöffnung auf. Dabei ist die Flüssigkeitseintrittsöffnung des Nanoblasengenerators über rohrförmige Verbindungen mit dem ersten Reservoir verbunden und die Flüssigkeitsaustrittsöffnung des Nanoblasengenerators ist über rohrförmige Verbindungen und wenigstens ein zwischen dem zweiten Reservoir und dem Nanoblasengenerator angeordnetes Ventil mit

dem zweiten Reservoir verbunden. Die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit durch den Nanoblasengenerator wird dabei durch den Gasdruck des aus der Druckgaseinheit in eines der Reservoirs strömenden Gases zur Verfügung gestellt.

Die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit resultiert hier also nicht aus dem Betreiben einer Pumpe. Es ist in dieser Anordnung somit außerhalb des Nanoblasengenerators bevorzugt keine Pumpe angeordnet. Die Energie zur Bewegung der Flüssigkeit wird durch das in der Druckgaseinheit komprimierte Gas zur Verfügung gestellt. Bevorzugt ist der Nanoblasengenerator ferner über eine Gaseintrittsöffnung mit einem separaten Gasreservoir verbunden. Das Gas aus dem separaten Gasreservoir wird dann innerhalb des Nanoblasengenerators genutzt, um kleinste Blasen in der Flüssigkeit zu erzeugen. Alternativ existiert keine Verbindung zu einem separaten Gasreservoir und das Gas zum Bewegen der Flüssigkeit wird genutzt, um die kleinsten Blasen mittels des Nanoblasengenerators zu erzeugen. Besonders bevorzugt wird beides kombiniert, es wird also sowohl das zur Bewegung der Flüssigkeit genutzte Gas als auch solches aus einem separaten Gasreservoir genutzt. Der Nanoblasengenerator ist dabei nach einer vorteilhaften Ausgestaltung mit zwei oder mehr separaten Gasreservoirs verbunden, welche bevorzugt verschiedene Gase beinhalten.

Zwischen dem Nanoblasengenerator und den zwei Reservoirs sind nach einer vorteilhaften Ausgestaltung rohrförmige Verbindungen sowie jeweils ein Ventil derart angeordnet, dass die Flüssigkeit aus dem zweiten Reservoir über den Nanoblasengenerator in das erste Reservoir strömen kann.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die Vorrichtung einen ersten Kolben als Schubelement auf, der im ersten Reservoir angeordnet ist. Weiterhin weist die Vorrichtung einen zweiten Kolben auf, der im zweiten Reservoir angeordnet ist. Die Schubkraft wird dabei vorteilhaft durch die Kolben zur Verfügung gestellt, welche bewegt werden können, um das Volumen im Reservoir zu verkleinern.

Bevorzugt weist die Vorrichtung eine Messeinrichtung zur Ermittlung der Nanoblasenkonzentration auf. Dies ermöglicht vorteilhaft eine Kontrolle der Nanoblasenkonzentration, wodurch eine exakte Einstellung der Nanoblasenkonzentration gelingt.

Weiterhin ist an der Vorrichtung nach einer vorteilhaften Ausgestaltung eine Steuereinrichtung vorhanden, mit der das Verfahren automatisiert erfolgt. Optional kann das Verfahren auch durch eine manuelle Betätigung der Ventile ausgeführt werden.

- 5 Bevorzugt weist die Vorrichtung Mittel auf, die so angepasst sind, dass sie die Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens ausführen. Vorteilhaft kann das Verfahren dann automatisiert realisiert werden.

Dabei betrifft ein weiterer Aspekt der Erfindung ein Computerprogrammprodukt, welches Befehle umfasst, die bewirken, dass diese Vorrichtung die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte ausführt. Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein  
10 computerlesbares Medium, auf dem das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt gespeichert ist.

Mit dem vorliegenden Verfahren kann konzeptionsgemäß eine hohe Konzentration von kleinsten Blasen generiert werden. Dabei wird auf eine Pumpe zur Erzeugung  
15 der Kraft zum Antreiben der Flüssigkeit verzichtet, sodass eine Temperaturerhöhung der Flüssigkeit vermieden werden kann. Es wird lediglich der Gasdruck verwendet, um die Flüssigkeit zwischen den Reservoirs anzutreiben, wodurch eine konstante Temperatur gewährleistet wird. Es wird also eine Flüssigkeit in ein Reservoir gefüllt und ein unter hohem Druck stehendes Gas genutzt, um die Flüssig-  
20 keit zu bewegen, also die Flüssigkeitszufuhr anzutreiben.

Nach der Konzeption der Erfindung weist die Vorrichtung zur Erzeugung von kleinsten Blasen gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren also wenigstens zwei abgeschlossene Reservoirs und einen Nanoblasengenerator mit einer Flüssigkeitseintrittsöffnung und einer Flüssigkeitsaustrittsöffnung auf. Dabei sind die bei-  
25 den Reservoirs jeweils über rohrförmige Verbindungen mit dem Nanoblasengenerator verbunden und das erste Reservoir ist mit der Flüssigkeitseintrittsöffnung des Nanoblasengenerators und das zweite Reservoir mit der Flüssigkeitsaustrittsöffnung des Nanoblasengenerators verbunden. Eine Druckgaseinheit ist dabei über rohrförmige Verbindungen und Ventile mit dem ersten und dem zweiten Reservoir  
30 verbunden, sodass die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit durch den Nanoblasengenerator durch einen Druckunterschied in den Behältern, also insbesondere

durch ein unter hohem Druck stehendes Gas, bevorzugt durch den Gasdruck des aus einer mit einem der Reservoirs verbundenen Druckgaseinheit in das entsprechende der Reservoirs strömenden Gases, oder durch ein reduziertes Volumen eines der Reservoirs zur Verfügung gestellt wird. Die Flüssigkeit kann zur Erhöhung der Konzentration an kleinsten Blasen wieder in das erste Reservoir geleitet werden, wobei die vorbeschriebenen Schritte beliebig oft wiederholt werden können.

Konzeptionsgemäß betrifft ein weiterer Aspekt der Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens, wobei die Vorrichtung zwei Reservoirs, einen Nanoblasengenerator und eine ein unter hohem Druck stehendes Gas beinhaltende Druckgaseinheit oder eine Einrichtung, welche derart angeordnet und eingerichtet ist, dass mittels dieser eine Volumenreduzierung in den Reservoirs möglich ist, aufweist.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile von Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen. Es zeigen:

Fig. 1: eine Anordnung zur Erzeugung kleinster Blasen, bei der eine Flüssigkeit von einem ersten Reservoir in ein zweites Reservoir strömt und

Fig. 2: die Anordnung aus Fig. 1, bei der die Flüssigkeit vom zweiten Reservoir in das erste Reservoir strömt.

In **Fig. 1** ist eine Anordnung 1 zur verbesserten Generation von kleinsten Blasen in einer Flüssigkeit dargestellt. Ein zentrales Element stellt dabei das Gas in der Druckgaseinheit 2 dar. Die vorhandene Energie, welche aus dem Überdruck des Gases in der Druckgaseinheit 2 resultiert, wird genutzt, um sowohl das Gas als auch die Flüssigkeit durch Leitungen 3, also rohrförmige Verbindungen, zu bewegen. Zur Steuerung des Flusses des Gases und der Flüssigkeit sind neun Ventile 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 angeordnet.

Zur Erzeugung der kleinsten Blasen wird zunächst Flüssigkeit in ein erstes Reservoir 5 geleitet. Daraufhin wird in das erste Reservoir 5 Gas aus der Druckgaseinheit 2 geleitet. Zur Erzeugung von kleinsten Blasen wird das im ersten Reservoir 5 vorhandene Gemisch aus Flüssigkeit und Gas in das zweite Reservoir 6 geleitet,

wobei es den Nanoblasengenerator 7 passiert. Dadurch werden in der Flüssigkeit kleinste Blasen induziert. Wenn eine ausreichende Menge des Gemischs aus Flüssigkeit und Gas in das zweite Reservoir 6 verbracht wurde, so werden die Ventile 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 derart eingestellt, dass sie, wie in **Fig. 2** dargestellt, das Gemisch aus Flüssigkeit und Gas wieder in das erste Reservoir 5 leiten, wobei auch hier der Nanoblasengenerator 7 passiert wird.

Um die Flüssigkeit in das erste Reservoir 5 leiten zu können, wird das Ventil 4.1 geöffnet, sodass die Flüssigkeit über dieses Ventil 4.1 einströmen kann. Währenddessen sind die Ventile 4.2, 4.3 auf Position A gestellt und die Ventile 4.5 und 4.7 geschlossen. Vorzugsweise werden bis zu 5 l oder bis zu 20 l Flüssigkeit über das Ventil 4.1 eingefüllt. Optional können in einer angepassten Anordnung auch höhere Volumina eingefüllt werden. Daraufhin kann das Ventil 4.1 geschlossen werden.

Um nun dem ersten Reservoir 5 Gas zuzuführen, wird am benachbart zu Ventil 4.9 angeordneten Anschluss eine Druckgaseinheit 2, wie beispielsweise eine Gasflasche, angeschlossen sowie ein daran angeordnetes Druckgaseinheitsventil, wie beispielsweise ein Gasflaschenhahn, geöffnet. Am Ventil 4.9 wird der gewünschte Druck eingestellt, beispielsweise 3 bar.

Die Flüssigkeit wird vom ersten Reservoir 5 über den Nanoblasengenerator 7 in das zweite Reservoir 6 geleitet. Dafür wird das Ventil 4.2 nun auf Position B und das Ventil 4.3 auf Position A eingestellt. Ferner ist es relevant, auch die Ventile 4.4 und 4.6 auf Position A, hier nach obenweisend dargestellt, zu stellen. Wenn nun die Öffnung der Druckgaseinheit 2 über das Druckgaseinheitsventil erfolgt und gleichzeitig der Nanoblasengenerator 7 gestartet wird, so wird die Flüssigkeit durch das nachströmende Gas aus dem ersten Reservoir 5 in den Nanoblasengenerator 7 geleitet, in dem eine Indizierung von Blasen in die Flüssigkeit stattfindet, wonach durch weiter nachströmendes Gas die Flüssigkeit in das zweite Reservoir 6 geleitet wird. Wenn eine ausreichende Menge der Flüssigkeit im zweiten Reservoir 6 angelangt ist, so kann der Nanoblasengenerator 7 gestoppt und die Druckgaseinheit 2 wieder verschlossen werden. Die Menge an Flüssigkeit im zweiten Reservoir 6 kann mittels eines beliebigen Füllstandsindikators ermittelt werden. Um den Vorgang abzuschließen, wird das Ventil 4.2 unter Berücksichtigung der

Druckentspannung auf Position A gestellt. Dadurch kann der erhöhte Gasdruck reduziert werden und ein Teil des Gases über das Ventil 4.2 entweichen.

Zur Erhöhung der Blasenkonzentration in der Flüssigkeit kann die Flüssigkeit, wie in **Fig. 2** dargestellt, vom zweiten Reservoir 6 zurück in das erste Reservoir 5 geleitet werden. Zur Erhöhung der Effizienz ist die Anordnung bevorzugt derart ausgebildet, dass die Flüssigkeit auch dabei den Nanoblasengenerator 7 passiert. Dafür wird das Ventil 4.2 in Position A belassen und das Ventil 4.3 nun auf Position B eingestellt, sodass eine Verbindung des zweiten Reservoirs 6 zur Druckgaseinheit besteht. Die Ventile 4.4 und 4.6 werden nun auf Position B, hier nach unten weisend dargestellt, eingestellt. Daraufhin kann die Druckgaseinheit 2 geöffnet werden und der Nanoblasengenerator 7 gleichzeitig gestartet werden. Die Energie des unter hohem Druck stehenden Gases aus der Druckgaseinheit 2 führt dazu, dass das ausströmende Gas in das zweite Reservoir 6 strömt und dadurch die Flüssigkeit in Richtung des Ventils 4.6 geleitet wird. Die Flüssigkeit strömt daraufhin an dem auf Position B eingestellten Ventil 4.6 vorbei und durch das auf Position B eingestellte Ventil 4.4 hindurch über Leitungen 3 erneut in den Nanoblasengenerator 7 und wird dann durch das Ventil 4.6, welches auf Position B eingestellt ist, geleitet. Die Flüssigkeit strömt daraufhin in das erste Reservoir 5 zurück. Wenn eine ausreichende Menge an Flüssigkeit in das erste Reservoir 5 verbracht wurde, so kann der Nanoblasengenerator 7 gestoppt und die Druckgaseinheit 2 geschlossen werden. Auch hier kann ein Füllstandsindikator verwendet werden, um die im ersten Reservoir 5 befindliche Menge an Flüssigkeit zu bestimmen. Als ein solcher Füllstandsindikator können beispielsweise die an das jeweilige Reservoir 5, 6 angrenzenden Leitungen 3 oder das Reservoir 5, 6 selbst wenigstens abschnittsweise aus einem transparenten Material ausgebildet sein oder ein Sichtfenster aufweisen, sodass durch diesen Abschnitt beziehungsweise durch das eingefügte Sichtfenster der Füllstand beobachtet werden kann.

Das Ventil 4.3 kann unter Beachtung der Druckentspannung wieder auf Position A gestellt werden, sodass kein weiteres Gas nachströmt. Über das Ventil 4.3 ist es auch möglich, einen erhöhten Gasdruck zu reduzieren. Dafür strömt über das Ventil 4.3 ein Teil des Gases aus dem zweiten Reservoir 6 heraus. Es ist möglich, die vorbeschriebenen Schritte beliebig oft zu wiederholen, also die Flüssigkeit,

beispielsweise Wasser, über den Nanoblasengenerator 7 vom ersten Reservoir 5 in das zweite Reservoir 6 zu leiten und daraufhin die Flüssigkeit über den Nanoblasengenerator 7 vom zweiten Reservoir 6 in das erste Reservoir 5 zu leiten.

Um die Flüssigkeit aus der Anordnung 1 zu entnehmen und so die Anordnung 1 zu entleeren, werden die Ventile 4.5 und 4.7 genutzt.

**Bezugszeichenliste**

- 1 Anordnung
- 2 Druckgaseinheit, Gasflasche, Gaskompressor
- 3 Leitung, rohrförmige Verbindung, rohrförmige Leitung
- 4.1 Erstes Ventil
- 4.2 Zweites Ventil
- 4.3 Drittes Ventil
- 4.4 Viertes Ventil
- 4.5 Fünftes Ventil
- 4.6 Sechstes Ventil
- 4.7 Siebtes Ventil
- 4.8 Achtes Ventil
- 4.9 Neuntes Ventil
- 5 Erster Behälter, erstes Reservoir
- 6 Zweiter Behälter, zweites Reservoir
- 7 Nanoblasengenerator

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer eine hohe Konzentration an kleinsten Blasen enthaltenden Flüssigkeit, folgende Schritte umfassend:
  - a) Bereitstellen einer Flüssigkeit in einem ersten abgeschlossenen Reservoir (5),
  - b) Leiten der Flüssigkeit unter Druck von dem ersten Reservoir (5) in einen Nanoblasengenerator (7) und weiter in ein zweites Reservoir (6), wobei beim Durchströmen des Nanoblasengenerators (7) in der Flüssigkeit kleinste Blasen erzeugt werden,
  - c) Leiten der Flüssigkeit von dem zweiten Reservoir (6) in das erste Reservoir (5),
  - d) Wiederholung der Schritte b) und c) so häufig wie notwendig, um die vorgegebene Konzentration an kleinsten Blasen in der Flüssigkeit zu erreichen,wobei die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit nicht durch eine Pumpe, sondern durch eine Schubkraft aufgrund eines weiteren Fluides oder eines Schubelementes zur Verfügung gestellt wird.
  
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schubkraft durch ein Gas als weiterem Fluid zur Verfügung gestellt wird, wobei das Gas mit einem Gasdruck aus einer mit dem ersten Reservoir (5) und dem zweiten Reservoir (6) über rohrförmige Verbindungen (3) verbundenen Druckgaseinheit (2) während des Schrittes b) in das erste Reservoir (5) strömt und während des Schrittes c) in das zweite Reservoir (6) strömt und die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit durch den Gasdruck zur Verfügung gestellt wird.
  
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erster Kolben als erstes Schubelement innerhalb des ersten Reservoirs (5) angeordnet ist und ein zweiter Kolben als zweites Schubelement innerhalb des zweiten Reservoirs (6) angeordnet ist, wobei der erste Kolben und der

zweite Kolben derart eingerichtet sind, dass die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit auf einer Volumenreduzierung innerhalb der Reservoirs (5, 6) aufgrund einer Bewegung des ersten oder des zweiten Kolbens basiert.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Schritt b) zur Reduzierung eines erhöhten Gasdruckes Gas aus dem ersten Reservoir (5) über ein mit dem ersten Reservoir (5) verbundenes Ventil (4.2) abgelassen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Schritt c) zur Reduzierung eines erhöhten Gasdruckes Gas aus dem zweiten Reservoir (6) über ein mit dem zweiten Reservoir (6) verbundenes Ventil (4.3) abgelassen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Schritt b) und/ oder nach Schritt c) eine Messung der Nanoblasenkonzentration erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Schrittes c) die Flüssigkeit vom zweiten Reservoir (6) über den Nanoblasengenerator (7) in das erste Reservoir (5) geleitet wird, wobei beim Durchströmen des Nanoblasengenerators (7) in der Flüssigkeit kleinste Blasen erzeugt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Druckgaseinheit (2) und dem ersten Reservoir (5) sowie zwischen der Druckgaseinheit (2) und dem zweiten Reservoir (6) angeordnete Ventile (4.2, 4.3) geschaltet werden, um zwischen den Schritten b) und c) zu wechseln.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung von kleinsten Blasen im Nanoblasengenerator (7) das die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit zur Verfügung stellende Gas und/ oder über eine separate Gaszufuhr zugeleitetes Gas genutzt wird.

10. Vorrichtung zur Erzeugung von kleinsten Blasen nach einem Verfahren gemäß der Ansprüche 1 bis 9, aufweisend
- zwei abgeschlossene Reservoirs (5, 6),
  - einen Nanoblasengenerator (7) mit einer Flüssigkeitseintrittsöffnung und einer Flüssigkeitsaustrittsöffnung, wobei die Flüssigkeitseintrittsöffnung des Nanoblasengenerators (7) über rohrförmige Verbindungen (3) mit dem ersten Reservoir (5) verbunden ist und die Flüssigkeitsaustrittsöffnung des Nanoblasengenerators (7) über rohrförmige Verbindungen (3) und wenigstens ein zwischen dem zweiten Reservoir (6) und dem Nanoblasengenerator (7) angeordnetes Ventil (4.6) mit dem zweiten Reservoir (6) verbunden ist, und
  - einen ein weiteres Fluid enthaltenden Behälter oder ein in einem der Reservoirs angeordnetes Schubelement,
- wobei das weitere Fluid oder das Schubelement derart angeordnet und eingerichtet sind, dass die Flüssigkeit mittels einer Schubkraft durch den Nanoblasengenerator (7) schiebbar ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter eine Druckgaseinheit ist und ein Gas als weiteres Fluid innerhalb der Druckgaseinheit angeordnet ist, wobei die zwei abgeschlossenen Reservoirs (5, 6), über rohrförmige Verbindungen (3) und Ventile (4.2, 4.3) mit der Druckgaseinheit (2) verbunden sind, wobei die Kraft zur Bewegung der Flüssigkeit durch den Nanoblasengenerator (7) durch den Gasdruck des aus der Druckgaseinheit (2) in eines der Reservoirs (5,6) strömenden Gases zur Verfügung gestellt wird.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nanoblasengenerator (7) über eine Gaseintrittsöffnung mit einem separaten Gasreservoir verbunden ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Nanoblasengenerator (7) und den zwei Reservoirs (5, 6) rohrförmige Verbindungen (3) sowie jeweils ein Ventil (4.4, 4.6) derart angeordnet sind, dass die Flüssigkeit aus dem zweiten

Reservoir (6) über den Nanoblasengenerator (7) in das erste Reservoir (5) strömen kann.

14. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erster Kolben als Schubelement im ersten Reservoir (5) angeordnet ist und ein zweiter Kolben als Schubelement im zweiten Reservoir (6) angeordnet ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine Messeinrichtung zur Ermittlung der Nanoblasenkonzentration und/ oder eine Steuereinheit aufweist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14 mit Mitteln, die so angepasst sind, dass sie die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausführen.
17. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bewirken, dass die Vorrichtung nach Anspruch 15 die Verfahrensschritte nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausführt.
18. Computerlesbares Medium, auf dem das Computerprogrammprodukt nach Anspruch 17 gespeichert ist.

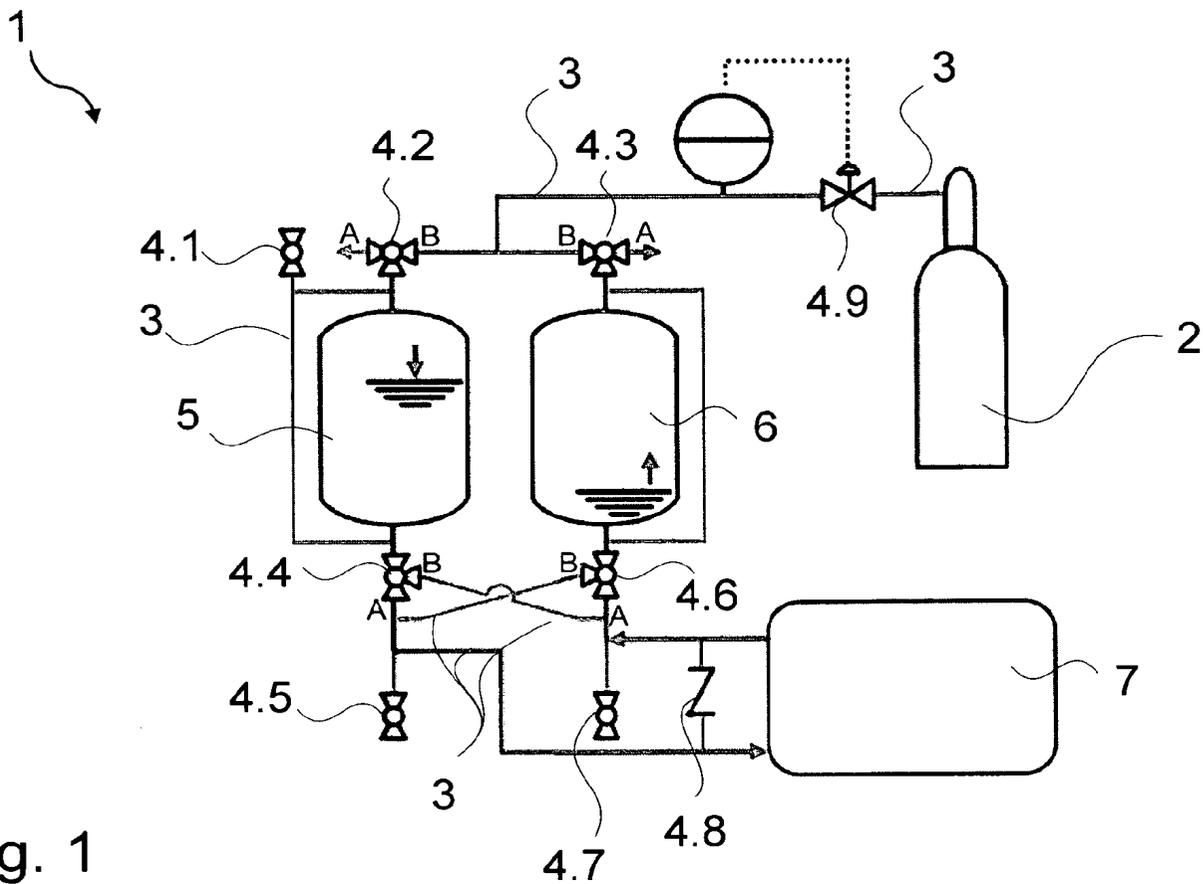


Fig. 1

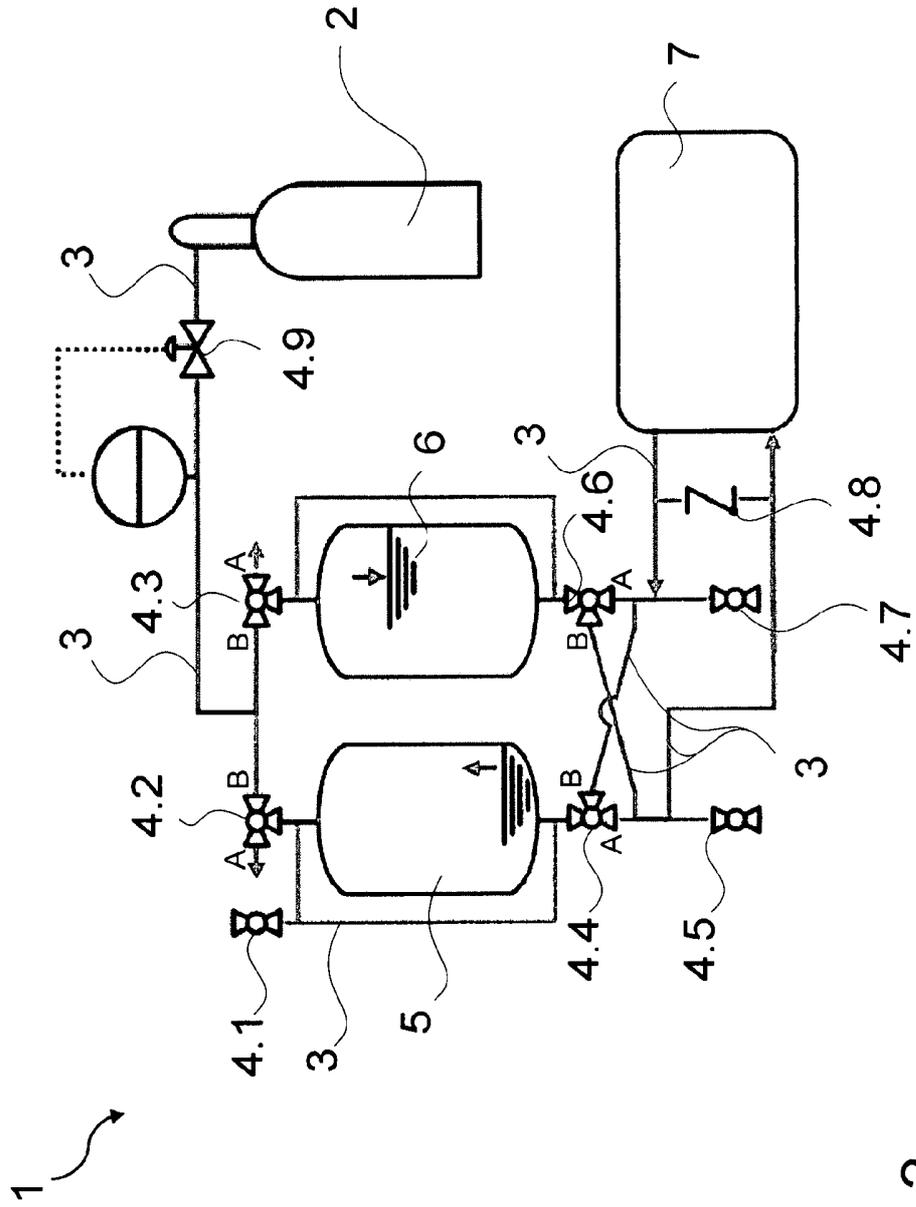


Fig. 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2022/000061

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B01F 23/232</i> (2022.01)i; <i>B01F 25/451</i> (2022.01)i; <i>B01F 31/65</i> (2022.01)i; <i>B01F 35/21</i> (2022.01)i; <i>B01F 35/71</i> (2022.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B01F 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, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 10265266 B2 (VVT MEDICAL LTD [IL]) 23 April 2019 (2019-04-23) abstract figures 3B,4A,4B column 13, line 41 - column 15, line 2	1,3-7,10,13-16 2,8,9,11,12,17,18
X A	US 8512740 B2 (DELMOTTE YVES A [BE]; BAXTER INT [US]; BAXTER HEALTHCARE SA [CH]) 20 August 2013 (2013-08-20) abstract figures 1,2 column 4, line 23 - column 5, line 64	1,3-7,10,13-16 2,8,9,11,12,17,18
X A	US 2016193579 A1 (HANKEY DANA LYNN [US] ET AL) 07 July 2016 (2016-07-07) abstract figures 2,4-6 paragraphs [0019] - [0036]	1-8,10,11,13-18 9,12
X A	US 2018335328 A1 (MOTH DAVID JOHN [US]) 22 November 2018 (2018-11-22) abstract figures 9,10 paragraphs [0069] - [0071]	1,2,6-8,10,11,13,15-18 3,4,9,12,14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>20 September 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>06 October 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Krasenbrink, B</b> Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/DE2022/000061**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	10265266	B2	23 April 2019	CA	2963887	A1	16 April 2015
				DK	3055050	T3	09 November 2020
				EP	3055050	A1	17 August 2016
				ES	2831975	T3	09 June 2021
				PL	3055050	T3	11 January 2021
				US	2016250143	A1	01 September 2016
				WO	2015052702	A1	16 April 2015
US	8512740	B2	20 August 2013	AU	2009229127	A1	01 October 2009
				CA	2719427	A1	01 October 2009
				EP	2268324	A2	05 January 2011
				US	2009246261	A1	01 October 2009
				WO	2009120433	A2	01 October 2009
US	2016193579	A1	07 July 2016	CN	105008034	A	28 October 2015
				EP	2938428	A1	04 November 2015
				JP	2016512998	A	12 May 2016
				KR	20150091416	A	10 August 2015
				US	2015295104	A1	15 October 2015
				US	2016193579	A1	07 July 2016
				US	2021328084	A1	21 October 2021
				US	2022059711	A1	24 February 2022
				WO	2014106035	A1	03 July 2014
				US	2018335328	A1	22 November 2018
BR	112019024224	A2	02 June 2020				
CA	3063858	A1	22 November 2018				
EP	3625542	A1	25 March 2020				
US	2018335328	A1	22 November 2018				
WO	2018213540	A1	22 November 2018				

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
**PCT/DE2022/000061**

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b>		
INV. <b>B01F23/232</b>	B01F25/451	B01F31/65
		B01F35/21
		B01F35/71
<b>ADD.</b>		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )		
<b>B01F</b>		
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)		
<b>EPO-Internal, WPI Data</b>		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
<b>X</b>	<b>US 10 265 266 B2 (VVT MEDICAL LTD [IL])</b> <b>23. April 2019 (2019-04-23)</b>	<b>1,3-7,</b> <b>10,13-16</b>
<b>A</b>	<b>Zusammenfassung</b> <b>Abbildungen 3B,4A,4B</b> <b>Spalte 13, Zeile 41 - Spalte 15, Zeile 2</b> -----	<b>2,8,9,</b> <b>11,12,</b> <b>17,18</b>
<b>X</b>	<b>US 8 512 740 B2 (DELMOTTE YVES A [BE];</b> <b>BAXTER INT [US]; BAXTER HEALTHCARE SA</b> <b>[CH]) 20. August 2013 (2013-08-20)</b>	<b>1,3-7,</b> <b>10,13-16</b>
<b>A</b>	<b>Zusammenfassung</b> <b>Abbildungen 1,2</b> <b>Spalte 4, Zeile 23 - Spalte 5, Zeile 64</b> -----	<b>2,8,9,</b> <b>11,12,</b> <b>17,18</b>
<b>X</b>	<b>US 2016/193579 A1 (HANKEY DANA LYNN [US]</b> <b>ET AL) 7. Juli 2016 (2016-07-07)</b>	<b>1-8,10,</b> <b>11,13-18</b>
<b>A</b>	<b>Zusammenfassung</b> <b>Abbildungen 2,4-6</b> <b>Absätze [0019] - [0036]</b> -----	<b>9,12</b>
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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
<b>20. September 2022</b>		<b>06/10/2022</b>
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  <b>Krasenbrink, B</b>

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
<b>X</b>	<b>US 2018/335328 A1 (MOTH DAVID JOHN [US]) 22. November 2018 (2018-11-22)</b>	<b>1, 2, 6-8, 10, 11, 13, 15-18</b>
<b>A</b>	<b>Zusammenfassung Abbildungen 9, 10 Absätze [0069] - [0071] -----</b>	<b>3, 4, 9, 12, 14</b>

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/DE2022/000061**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
US 10265266	B2	23-04-2019	CA 2963887 A1	16-04-2015
			DK 3055050 T3	09-11-2020
			EP 3055050 A1	17-08-2016
			ES 2831975 T3	09-06-2021
			PL 3055050 T3	11-01-2021
			US 2016250143 A1	01-09-2016
			WO 2015052702 A1	16-04-2015
-----				
US 8512740	B2	20-08-2013	AU 2009229127 A1	01-10-2009
			CA 2719427 A1	01-10-2009
			EP 2268324 A2	05-01-2011
			US 2009246261 A1	01-10-2009
			WO 2009120433 A2	01-10-2009
-----				
US 2016193579	A1	07-07-2016	CN 105008034 A	28-10-2015
			EP 2938428 A1	04-11-2015
			JP 2016512998 A	12-05-2016
			KR 20150091416 A	10-08-2015
			US 2015295104 A1	15-10-2015
			US 2016193579 A1	07-07-2016
			US 2021328084 A1	21-10-2021
			US 2022059711 A1	24-02-2022
			WO 2014106035 A1	03-07-2014
-----				
US 2018335328	A1	22-11-2018	AU 2018269028 A1	16-01-2020
			BR 112019024224 A2	02-06-2020
			CA 3063858 A1	22-11-2018
			EP 3625542 A1	25-03-2020
			US 2018335328 A1	22-11-2018
			WO 2018213540 A1	22-11-2018
-----				