(19) **Bundesrepublik Deutschland**
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 43 29 178 B4** 2006.11.09

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **P 43 29 178.3**
(22) Anmeldetag: **30.08.1993**
(43) Offenlegungstag: **02.03.1995**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **09.11.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***B08B 3/08*** (2006.01)
***B08B 3/10*** (2006.01)
***C11D 7/50*** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**EMO Oberflächentechnik GmbH, 75015 Bretten, DE; Dow Europe S.A., Horgen, CH**

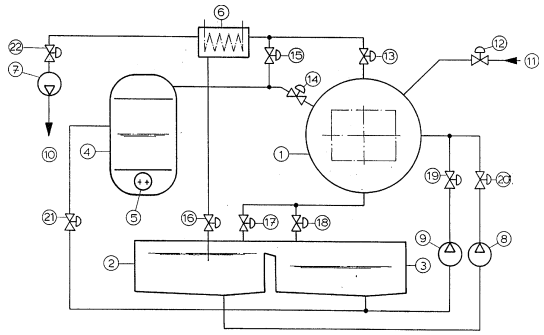
(74) Vertreter:
**Weickmann & Weickmann, 81679 München**

(72) Erfinder:
**Hösel, Peter, 75181 Pforzheim, DE; Müller, Wolfgang, 75417 Mühlacker, DE; Adams, Hans Norbert, Richterswil, CH; Baggenstoss, Werner, Richterswil, CH**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
**DE 41 28 699 A1**
**DE 41 25 891 A1**
**DE 40 31 563 A1**
**US 51 37 581**
**WO 93 08 933 A1**
**SU 7 53 500**
**Derwent-Ref.: 90-264870/35;**

(54) Bezeichnung: **Dampfphasenreinigung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Reinigung eines oder mehrerer Gegenstände in der Dampfphase eines organischen Lösungsmittels, wobei Lösungsmitteldampf in eine die zu reinigenden Gegenstände enthaltende evakuierte Reinigungskammer (1) eingespeist wird, dadurch gekennzeichnet, dass
a) der Druck in der Reinigungskammer (1) auf 200 mbar oder tiefer eingestellt und diese dann mindestens einmal mit dem flüssigen Lösungsmittel überflutet wird unter Vorreinigung der Gegenstände, und anschließend das flüssige Lösungsmittel aus der Reinigungskammer (1) abgezogen wird, und danach
b) der Lösungsmitteldampf bei einem Druck von 200 mbar oder tiefer mit einer Temperatur am oder oberhalb des Flammpunktes des organischen Lösungsmittels in die evakuierte Reinigungskammer (1) eingespeist und die Reinigung durch Kondensation des Lösungsmitteldampfes auf den Gegenständen vervollständigt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft die Reinigung einer oder mehrerer Gegenstände in der Dampfphase eines organischen Lösungsmittels. Diese Reinigungsmethode ist allgemein als "Dampfentfettung" bekannt und wird oft zum Entfetten von Metallgegenständen verwendet. In Dampfentfettungsverfahren wird der zu reinigende Gegenstand in eine Zone gebracht, die Lösungsmitteldampf enthält. Die Oberfläche des Gegenstandes hat eine niedrigere Temperatur als der Lösungsmitteldampf. Der Dampf kondensiert auf dem Gegenstand. Wenn das Lösungsmittel abwärts fliesst, wird dabei die Oberfläche des Gegenstandes mit Lösungsmittel gespült. Die Flüssigkeitstropfen werden gesammelt und wieder verdampft. Daher wird die Oberfläche des Gegenstandes kontinuierlich mit destilliertem Lösungsmittel gespült, bis mindestens die Oberfläche des Gegenstandes die gleiche Temperatur wie der Lösungsmitteldampf hat und das Lösungsmittel nicht mehr kondensiert. Die Oberfläche des Gegenstandes wird dadurch sehr gut gereinigt. Ueblicherweise werden halogenierte Lösungsmittel verwendet, wie z.B. Perchloroethylen, Trichloroethylen, 1,1,1-Trichloroethan oder Methylenchlorid. Aus Umweltschutzgründen ist die Verwendung von halogenierten Lösungsmittels immer weniger erwünscht, obwohl sie viele gute Eigenschaften haben, wie z.B. hervorragende Reinigungskraft, fehlende Brennbarkeit, etc. Es werden grosse Anstrengungen in der Forschung gemacht, um chlorierte Lösungsmittel durch umweltfreundlichere Lösungsmittel zu ersetzen. Andere Lösungsmittel können jedoch nur begrenzt verwendet werden, da viele halogenfreie Lösungsmittel einen Flammpunkt haben und dementsprechend eine beträchtliche Explosions- und Feuergefahr sind.

### Stand der Technik

**[0002]** WO 93/08933 A1 offenbart ein Verfahren zur Reinigung von Gegenständen in der Dampfphase eines organischen Lösungsmittels. Die zu reinigenden Gegenstände werden hierzu in eine evakuierte Kammer eingebracht.

**[0003]** DE 41 25 891 A1 lehrt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Reinigung verschmutzter Teile mit Lösemittel. Zur Vermeidung eines explosionsfähigen Gemisches kann eine Tiefkühlung der Trocknungsluft erfolgen.

**[0004]** DE 41 28 699 A1 offenbart ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Entfetten und Reinigen von Behandlungsgut mit Hilfe von Lösungsmitteln. Der Lösungsmitteldampf wird über das Behandlungsgut geleitet und kondensiert darauf.

### Aufgabenstellung

**[0005]** Daher ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein effizientes Verfahren zur Reinigung von Gegenständen zu entwickeln, bei dem halogenfreie Lösungsmittel verwendet werden können und bei dem eine große Explosionsgefahr jedoch vermieden werden kann, ohne dass teure explosionssichere Anlagen installiert oder inerte Gase verwendet werden müssen.

**[0006]** Es wurde gefunden, dass große Explosionsgefahren vermieden werden können, wenn die Dampfphasenreinigung in einer Apparatur durchgeführt wird, worin ein absoluter Druck von 200 mbar oder weniger aufrechterhalten wird.

**[0007]** Dementsprechend ist ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Reinigung eines oder mehrerer Gegenstände. in der Dampfphase eines organischen Lösungsmittels, wobei Lösungsmitteldampf in eine die zu reinigenden Gegenstände enthaltende evakuierte Reinigungskammer (**1**) eingespeist wird. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass a) der Druck in der Reinigungskammer (**1**) auf 200 mbar oder tiefer eingestellt und diese dann mindestens einmal mit dem flüssigen Lösungsmittel überflutet wird unter Vorreinigung der Gegenstände, und anschließend das flüssige Lösungsmittel aus der Reinigungskammer (**1**) abgezogen wird, und danach b) der Lösungsmitteldampf bei einem Druck von 200 mbar oder tiefer mit einer Temperatur am oder oberhalb des Flammpunktes des organischen Lösungsmittels in die evakuierte Reinigungskammer (**1**) eingespeist und die Reinigung durch Kondensation des Lösungsmitteldampfes auf den Gegenständen vervollständigt wird.

**[0008]** Ein anderer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Apparatur zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, enthaltend die Reinigungskammer (**1**), einen Verdampfer (**4**), einen Kondensator (**6**) und eine Vakuumpumpe (**7**) sowie einen oder mehrere Vorratsbehälter (**2**, **3**) für flüssiges Lösungsmittel, die durch Rohrleitungen und Ventile so verbunden sind, dass ein Druck von 200 mbar oder weniger in der gesamten Anlage aufrechterhalten werden kann, während eine aufeinanderfolgende Spülung der Reinigungskammer (**1**) mit flüssigem und mit verdampftem Lösungsmittel durchgeführt wird.

**[0009]** Es wurde gefunden, dass nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ein oder mehrere Gegenstände sicher in der Dampfphase eines organischen Lösungsmittels gereinigt werden können, sogar wenn die Reinigung bei einer Temperatur beim oder über dem Flammpunkt des organischen Lösungsmittels durchgeführt wird. Der Einfachheit halber bezieht sich die folgende Beschreibung auf die Reinigung

von "Gegenständen", obwohl das erfindungsgemäße Verfahren nicht auf die Reinigung mehrerer Gegenstände beschränkt ist, sondern sich zur Reinigung eines einzigen Gegenstandes gleichermaßen eignet. Der Flammpunkt eines organischen Lösungsmittels wird im allgemeinen bei Atmosphärendruck gemessen. Die hier verwendete Definition des Flammpunktes bedeutet die niedrigste Temperatur eines Lösungsmittels, bei der das Gemisch aus Lösungsmitteldampf und Luft über dem Lösungsmittel nach den Standardverfahren nach DIN 51755, DIN 51758 oder DIN 53213 entzündet werden kann. Im Falle einer Explosion des organischen Lösungsmittels ist der entstehende Druck nicht höher als etwa 8 mal der ursprüngliche Druck in der Reinigungskammer. Indem ein Absolutdruck von 200 mbar oder weniger, vorzugweise von 125 mbar oder weniger, insbesondere von 100 mbar oder weniger in der Reinigungskammer aufrechterhalten wird, ist es nicht notwendig, die Reinigung in einer teuren Apparatur durchzuführen, die hohe Drücke aushält oder die teure explosionsgeschützte Instrumente enthält. Aus wirtschaftlichen Gründen wird das erfindungsgemäße Reinigungsverfahren so durchgeführt, dass der absolute Druck in der Reinigungskammer im allgemeinen nicht weniger als 1 mbar, vorzugweise nicht weniger als 10 mbar und insbesondere nicht weniger als 40 mbar beträgt. Mit dem angegebenen Druck ist der vorherrschende Druck während des Reinigungsverfahrens in der Dampfphase gemeint.

**[0010]** Zusätzlich zu den beschriebenen Sicherheitsvorteilen wurde gefunden, dass mit dem erfindungsgemässen Verfahren sehr reine Gegenstände erhalten werden können und die gereinigten Gegenstände in effizienter Weise rasch und gründlich getrocknet werden können. Es ist wichtig, die Gegenstände bei einer Temperatur beim oder über dem Flammpunkt des organischen Lösungsmittels zu reinigen, um eine sehr effiziente Reinigung und nachfolgendes Trocknen der Gegenstände zu erreichen. Wenn die Temperatur zu niedrig ist, ist die Reinigung weniger wirksam und das Trocknen unvollständig oder das Trocknen der gereinigten Gegenstände dauert unerwünscht lange. Innerhalb der vorgegebenen Druckgrenzen wird das erfindungsgemässe Verfahren vorzugsweise mindestens 10°C, besonders bevorzugt mindestens 20°C über dem Flammpunkt des organischen Lösungsmittels durchgeführt. Vorzugsweise wird das erfindungsgemäße Verfahren bei einer Temperatur bis zu 120°C, besonders bevorzugt bis zu 100°C, insbesondere bis zu 80°C durchgeführt.

**[0011]** Mindestens ein Teil der Reinigung wird im erfindungsgemäßen Verfahren in der Dampfphase eines organischen Lösungsmittels durchgeführt. Der hier verwendete Ausdruck "ein organisches Lösungsmittel" umfasst unverdünnte organische Lösungsmittel sowie Gemische von zwei oder mehr organischen Verbindungen, die allgemein von den Fachleuten als organische Lösungsmittel bezeichnet werden, sowie Mischungen einer oder mehrerer solcher organischen Verbindungen mit Wasser. Wenn ein Lösungsmittelgemisch verwendet wird, enthält das Gemisch vorzugsweise mehr als 50%, besonders bevorzugt mehr als 70%, insbesondere mehr als 95% eines halogenfreien organischen Lösungsmittels, bezogen auf das Gesamtgewicht des Gemisches. Am vorteilhaftesten wird ein gänzlich halogenfreies organisches Lösungsmittel zur Reinigung verwendet. Wenn das verwendete Lösungsmittelgemisch Wasser enthält, enthält es vorzugsweise weniger als 80% Wasser, besonders bevorzugt weniger als 50% Wasser, insbesondere weniger als 30% Wasser, basierend auf das Gesamtgewicht der Mischung. Das erfindungsgemässe Reinigungsverfahren ist besonders geeignet für ein organisches Lösungsmittel, das einen Flammpunkt hat, der unterhalb seines Siedepunktes bei Atmosphärendruck liegt und das einen Siedepunkt von 100°C oder weniger bei einem Absolutdruck von 1 mbar oder mehr aufweist. Bevorzugt sind aliphatische Kohlenwasserstoffe, die 5 bis 15 Kohlenstoffatome enthalten, wie z.B. zyklische gesättigte Kohlenwasserstoffe und geradkettige oder verzweigte gesättigte oder ungesättigte Kohlenwasserstoffe, vorzugsweise Cycloalkane, n-Paraffine, Isoparaffine oder Stoddardsolvent, oder aromatische Kohlenwasserstoffe, wie z.B. Toluol oder Xylol, oder sauerstoffhaltige organische Verbindungen, wie z.B. Alkohole, vorzugsweise Isopropanol, Ester, vorzugsweise Alkyllactate oder dibasische Ester, wie z.B. kommerziell erhältliche Mischungen von dibasischen Estern, Ether, vorzugsweise Diethylether, Ketone, vorzugsweise Aceton oder Methylethylketon, oder Hydroxyether, vorzugsweise Alkoxypropanole oder Alkoxyethanole, zyklische Siloxane, die vorzugsweise von 6 bis 8 Ringatome enthalten, oder eine Mischung von zwei oder mehr solcher Verbindungen. Die Lösungsmittel, die im erfindungsgemäßen Verfahren besonders bevorzugt verwendet werden, haben einen Flammpunkt im Bereich von 10°C bis 100°C, vorzugsweise von 40°C bis 100°C.

**[0012]** Wenn Gegenstände in einer Reinigungskammer in der Dampfphase eines organischen Lösungsmittels gereinigt werden, enthält der ganze Prozess üblicherweise die folgenden Schritte:

a) die zu reinigenden Gegenstände werden in die Reinigungskammer gebracht und die Reinigungskammer wird geschlossen;

b) gegebenenfalls wird der Druck in der Reinigungskammer auf Atmosphärendruck oder tiefer eingestellt, vorzugweise auf 200 mbar oder tiefer, insbesondere auf 125 mbar oder tiefer, besonders bevorzugt auf 100 mbar oder tiefer, und die Gegenstände werden mit flüssigem Lösungsmittel vorgereinigt;

c) der Druck in der Reinigungskammer wird auf 200 mbar oder tiefer, insbesondere auf 125 mbar

oder tiefer, besonders bevorzugt auf 100 mbar oder tiefer eingestellt;
d) Lösungsmitteldampf wird in die evakuierte Reinigungskammer eingespeist, wobei in der Reinigungskammer ein absoluter Druck von 200 mbar nicht überschritten wird, und die Gegenstände werden durch Kondensation des Lösungsmitteldampfes auf den Gegenständen gereinigt;
e) die gereinigten Gegenstände werden getrocknet und die Konzentration des Lösungsmitteldampfes wird in der Reinigungskammer reduziert; und
f) der Druck in der Reinigungskammer wird erhöht und die Reinigungskammer entladen.

**[0013]** Schritt a) kann auf bekannte Art durchgeführt werden. Die Gegenstände können z.B. in Behälter wie Körbe etc. gelegt werden.

**[0014]** Gegebenenfalls wird Schritt b) durchgeführt. Er kann ebenfalls auf bekannte Art durchgeführt werden. Es können bekannte Vakuumpumpen eingesetzt werden, um die gewünschte Druckreduktion zu erreichen. Solche Vakuumpumpen werden hier nicht im Detail beschrieben. Die Reinigungskammer wird mit einem flüssigen Lösungsmittel überflutet, um die Gegenstände vorzureinigen. Vorzugsweise wird die Reinigungskammer dadurch überflutet, dass flüssiges Lösungsmittel von einem Vorratsbehälter in die Reinigungskammer gepumpt wird. Wenn die Gegenstände gereinigt sind, wird das Lösungsmittel vorzugsweise von der Reinigungskammer in den Vorratstank zurückgebracht. Gewünschtenfalls können diese Schritte, d.h. Ueberfluten der Reinigungskammer mit flüssigem Lösungsmittel, Reinigung der Gegenstände und Entleeren des flüssigen Lösungsmittels aus der Reinigungskammer, einmal oder mehrere Male wiederholt werden. In diesem Fall wird vorzugsweise frisches Lösungsmittel von einem anderen Vorratsbehälter in die Reinigungskammer gespeist. Pumpen zum Füllen und Entleeren der Reinigungskammer sind bekannt. Wenn im Schritt b) ein Druck erreicht wird, der höher als 125 mbar ist, wird die Temperatur des flüssigen Lösungsmittels bevorzugt so eingestellt, dass sie mindestens 15°C niedriger als der Flammpunkt des Lösungsmittels ist. Die Temperatur des Lösungsmittels, das in die Reinigungskammer gespeist wird, ist im allgemeinen mindestens 10°C niedriger, vorzugsweise mindestens 20°C niedriger als die Temperatur des Lösungsmitteldampfes, der im Schritt d) in die Reinigungskammer gespeist wird. Wie oben erwähnt, ist die Vorreinigung mit flüssigem Lösungsmittel kein zwingendes Verfahrensmerkmal. Wenn die Gegenstände mit flüssigem Lösungsmittel vorgereinigt werden, ist es im allgemeinen ratsam, den Druck in der Reinigungskammer in zwei Schritten zu regulieren, d.h. vor und nach der Vorreinigung. Wenn keine Vorreinigung durchgeführt wird, kann die Reinigungskammer im allgemeinen in einem einzigen Schritt evakuiert werden, bevor Lösungsmitteldampf in die Reinigungskammer gespeist wird.

**[0015]** Im Schritt c) kann auf bekannte Weise evakuiert werden. Bevor Lösungsmitteldampf in die Reinigungskammer gespeist wird, ist der gewünschte absolute Enddruck darin gleich oder tiefer als der absolute Druck des Dampfes, der im Schritt d) in die Reinigungskammer gespeist wird.

**[0016]** Im Dampfphasenreinigungsschritt d) wird Lösungsmitteldampf in die Reinigungskammer gespeist, in der ein absoluter Druck von 200 mbar, vorzugsweise von 125 mbar, insbesondere von 100 mbar nicht überschritten wird. Der Lösungsmitteldampf wird vorzugsweise in einem Verdampfer erzeugt und in die Reinigungskammer gespeist. Der absolute Druck ist im Verdampfer gleich oder höher als der Druck, der in der Reinigungskammer vorherrscht, bevor Lösungsmitteldampf eingespeist wird. Der absolute Druck ist im Verdampfer jedoch nicht höher als 200 mbar, vorzugsweise nicht höher als 125 mbar, insbesondere nicht höher als 100 mbar. Der Lösungsmitteldampf hat vorzugsweise eine Temperatur, die gleich oder höher als der Flammpunkt des verwendeten organischen Lösungsmittels ist. Die zu reinigenden Gegenstände haben im allgemeinen eine Anfangstemperatur, die niedriger ist als die Temperatur des Lösungsmitteldampfes. Vorzugsweise haben sie eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und 10°C unterhalb der Temperatur des Lösungsmitteldampfes, insbesondere zwischen Raumtemperatur und 20°C unterhalb der Temperatur des Lösungsmitteldampfes. Diese niedrigere Temperatur bewirkt, dass mindestens ein Teil des Lösungsmitteldampfes auf der Oberfläche der Gegenstände kondensiert. Die Temperatur der Gegenstände steigt normalerweise während der Reinigung in der Dampfphase in Abhängigkeit von der Wärmeübertragung zwischen dem Dampf und den Gegenständen. Wenn der Reinigungsschritt d) in der Dampfphase abgeschlossen ist, hat mindestens die Oberfläche der Gegenstände im allgemeinen etwa die gleiche Temperatur wie der Lösungsmitteldampf. Überschüssiger Lösungsmitteldampf kann aus der Reinigungskammer entfernt und z.B. auf bekannte Art in einem Kondensator kondensiert werden. Das kondensierte Lösungsmittel kann zurückgewonnen und weiterbehandelt werden. Das kondensierte Lösungsmittel kann z.B. zur Weiterverwendung in den Verdampfer oder in einen oder mehrere Vorratsbehälter gebracht werden. Der Reinigungsschritt d) ist im allgemeinen innerhalb von 30 Minuten, üblicherweise innerhalb von 5 Minuten und in den meisten Fällen sogar innerhalb von 3 Minuten abgeschlossen.

**[0017]** Nach dem Reinigungsschritt d) in der Dampfphase werden die gereinigten Gegenstände in der Regel getrocknet. Es ist vorteilhaft, den Druck in der Reinigungskammer zu senken. Während des Trock-

nungsschrittes ist der Druck vorzugsweise die Hälfte, besonders bevorzugt ein Fünftel und insbesondere ein Zehntel des Druckes, der während des Reinigungsschrittes d) aufrecht erhalten wird. Die Druckerniedrigung erleichtert ein rasches Verdampfen von überschüssigem Lösungsmittel, das an der Oberfläche der gereinigten Gegenstände haftet. Es wurde gefunden, dass das Trocknen sogar noch effizienter ist, wenn der Druck sehr rasch erniedrigt wird, z.B. wenn eine Verbindung, wie z.B. ein Ventil, zwischen der Reinigungskammer und einem evakuierten Behälter geöffnet wird. Durch den niedrigen Dampfdruck des Lösungsmittels werden auch allzu hohe Lösungsmittelemissionen verhindert, wenn die Reinigungskammer entladen wird. Die entfernten Lösungsmitteldämpfe können z.B. auf bekannte Weise in einem Kondensator kondensiert und/oder adsorbiert werden. Das kondensierte und/oder adsorbierte Lösungsmittel kann zurückgewonnen und weiterbehandelt werden. Der kondensierte Lösungsmitteldampf kann z.B. zur Weiterverwendung in den Verdampfer oder in einen oder mehrere Vorratsbehälter gebracht werden.

**[0018]** Die Apparatur zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens enthält eine Reinigungskammer (**1**), einen Verdampfer (**4**), einen Kondensator (**6**) und eine Vakuumpumpe (**7**) sowie einen oder mehrere Vorratsbehälter (**2**, **3**) für flüssiges Lösungsmittel, die durch Rohrleitungen und Ventile so verbunden sind, dass ein Druck von 200 mbar oder weniger in der gesamten Anlage aufrechterhalten werden kann, während eine aufeinanderfolgende Spülung der Reinigungskammer (**1**) mit flüssigem und mit verdampftem Lösungsmittel durchgeführt wird.

**[0019]** Die Reinigungskammer und der Verdampfer sollten evakuierbar sein, i.e. sie sollten so konstruiert sein, dass sie evakuiert werden können. Der Verdampfer dient dazu, das organische Lösungsmittel zu erhitzen und Lösungsmitteldampf unter reduziertem Druck zu erzeugen. Die Reinigungskammer und der Verdampfer können mit Hilfe der Vakuumpumpe evakuiert werden. Die erfindungsgemäße Apparatur enthält auch einen Kondensator. Der Kondensator hat die eine Funktion, überschüssiges Lösungsmittel zu kondensieren, das im oben beschriebenen Reinigungsschritt d) in der Dampfphase und/oder im Trocknungsschritt e) aus der Reinigungskammer entfernt wird. Allenfalls kann der Kondensator zusammen mit dem Verdampfer auch dazu verwendet werden, das organische Lösungsmittel zu destillieren.

**[0020]** Die erfindungsgemäße Apparatur enthält zusätzlich einen oder mehrere Vorratsbehälter für das flüssige Lösungsmittel. Der oder die Vorratsbehälter sollten evakuierbar sein, i.e. sie sollten so konstruiert sein, dass sie evakuiert werden können. Der oder die Vorratsbehälter können auf bekannte Art mit der Reinigungskammer verbunden sein.

**[0021]** Der Kondensator ist vorzugsweise ebenfalls mit dem oder den Vorratsbehälter(n) verbunden. Im Vorratsbehälter können die Gegenstände mit flüssigem Lösungsmittel vorgereinigt werden und kondensiertes Lösungsmittel aus Kondensator und/oder aus der Reinigungskammer kann gesammelt werden. Die erfindungsgemäße Apparatur enthält auch ein Leitungssystem, das mit Ventilen ausgerüstet ist, die hier nicht im Detail beschrieben werden.

Ausführungsbeispiel

**[0022]** Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Apparatur wird mit Bezugnahme auf die Zeichnung detailliert beschrieben. Die Zeichnung ist eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Apparatur.

**[0023]** Die Apparatur enthält eine Reinigungskammer **1**, zwei Vorratsbehälter **2** und **3**, einen Verdampfer **4**, eine Heizvorrichtung **5** und einen Kondensator **6**. Sie sind mittels eines Leitungssystems verbunden, das mit einer Vakuumpumpe **7**, zwei Pumpen **8** und **9** und Ventilen **12**, **13**, **14**, **15**, **16**, **17**, **18**, **19**, **20**, **21** und **22** versehen ist.

**[0024]** Zuluft **11** kann in die Reinigungskammer **1** gespeist werden. Abgas **10** kann mit Hilfe der Vakuumpumpe **7** aus der Apparatur entfernt werden.

**[0025]** Bevor die Reinigungsapparatur einsatzbereit ist, wird flüssiges Lösungsmittel in den Verdampfer **4** gefüllt. Alle Ventile sind geschlossen. Dann werden die Ventile **13**, **15**, **17** und **22** geöffnet, um die ganze Apparatur mit Hilfe der Vakuumpumpe **7** zu evakuieren. Wenn der gewünschte Druck erreicht ist, wird mit der Destillation des flüssigen Lösungsmittels im Verdampfer **4** begonnen. Die Ventile **13** und **17** werden geschlossen und die Ventile **15** und **16** geöffnet. Die Heizvorrichtung **5** wird eingeschaltet, um das Lösungsmittel zu verdampfen. Der Lösungsmitteldampf wird in den Kondensator **6** gebracht. Das kondensierte Lösungsmittel fliesst in den Vorratsbehälter **2**. Der Ueberlauf des Vorratsbehälters **2** fliesst in den Vorratsbehälter **3**. Wenn nötig wird flüssiges Lösungsmittel vom Vorratsbehälter **3** in den Verdampfer gespeist; dazu wird das Ventil **21** nach Bedarf abwechslungsweise geöffnet und geschlossen. Während der Destillation kann der Druck in der Reinigungsapparatur mit Hilfe der Vakuumpumpe **7** und des Ventils **22** kontrolliert werden, das abwechslungsweise geöffnet und geschlossen wird.

**[0026]** Die Reinigungsapparatur ist dann einsatzbereit. Das Ventil **12** wird geöffnet und Zuluft **11** wird in die Reinigungskammer **1** gespeist, bis die Reinigungskammer Atmosphärendruck hat. In einem ersten Schritt a) wird die Reinigungskammer geöffnet, mit den zu reinigenden Gegenständen beladen und

wieder geschlossen. In einem zweiten Schritt b) wird Ventil **12** geschlossen und die Ventile **13** und **22** werden geöffnet, um die Reinigungskammer mit Hilfe der Vakuumpumpe **7** bis zum gewünschten Druck zu evakuieren. Im Vorreinigungsschritt c) wird das Ventil **19** geöffnet und flüssiges Lösungsmittel wird mit Hilfe der Pumpe **9** vom Vorratsbehälter **3** in die Reinigungskammer **1** gepumpt. Die Reinigungswirkung kann erhöht werden, indem man die Gegenstände mechanisch bewegt und/oder Ultraschallwellen in der Reinigungskammer erzeugt. Das Ventil **19** wird geschlossen. Wenn dieser Waschprozess beendet ist, wird das Ventil **18** geöffnet und das verunreinigte flüssige Lösungsmittel in den Vorratsbehälter **3** gebracht. Das verunreinigte flüssige Lösungsmittel kann dann in den Verdampfer **4** gebracht werden, der immer noch in Betrieb ist. Das Ventil **18** wird geschlossen. Das Ventil **20** wird geöffnet und flüssiges Lösungsmittel wird vom Vorratsbehälter **2** mit Hilfe der Pumpe **8** in die Reinigungskammer **1** gepumpt, um eine zweite Vorreinigung mit flüssigem Lösungsmittel durchzuführen. Das Ventil **20** wird geschlossen. Wenn der zweite Waschprozess beendet ist, wird das Ventil **17** geöffnet und das verunreinigte flüssige Lösungsmittel wird in in den Vorratsbehälter **2** gebracht, von wo es in den Vorratsbehälter **3** überläuft. Während und nach dem Vorreinigungsschritt c) kann der Druck in der Reinigungskammer **1** mit Hilfe der Vakuumpumpe **7** kontrolliert werden, wobei das Ventil **22** abwechslungsweise geöffnet und geschlossen wird. Während den oben beschriebenen Schritten a)–c) wird das flüssige Lösungsmittel im Verdampfer **4** fortwährend destilliert.

**[0027]** Die Ventile **15** und **17** werden geschlossen und das Ventil **14** wird geöffnet, damit mit dem Reinigungsschritt d) in der Dampfphase begonnen werden kann. Die Destillation des flüssigen Lösungsmittels wird dazu unterbrochen. Lösungsmitteldampf wird via das geöffnete Ventil **14** in die Reinigungskammer gespeist, wo es auf den Gegenständen kondensiert, bis ihre Oberfläche die gleiche Temperatur hat wie der Lösungsmitteldampf. Das Ventil **14** wird dann geschlossen und die Ventile **15** und **17** werden geöffnet. Das kondensierte Lösungsmittel fliesst in den Vorratsbehälter **2**.

**[0028]** Vor dem Trocknungsschritt e) werden die Ventile **15**, **16** und **17** geschlossen. Der Druck in der Reinigungskammer **1** wird mit Hilfe der Vakuumpumpe **7** weiter erniedrigt, wobei das Ventil **22** abwechslungsweise geöffnet und geschlossen wird. Dabei werden die gereinigten Gegenstände getrocknet. Nach dem Trocknungsschritt e) wird der Druck in der Reinigungskammer dem Druck in den anderen Teilen der Reinigungsapparatur angeglichen, indem das Ventil **22** geschlossen wird und eine kontrollierte Menge Frischluft via das Ventil **12** in die Reinigungskammer gespeist wird. Die Ventile **15** und **16** werden geöffnet, damit die Destillation des flüssigen Lösungsmittels fortgesetzt werden kann. Das Ventil **22** wird so weit als nötig abwechslungsweise geöffnet und geschlossen, um den gewünschten Druck in der Reinigungsapparatur aufrecht zu erhalten.

**[0029]** Im Schritt g) wird das Ventil **13** geschlossen und das Ventil **12** wieder geöffnet. Dabei wird der Druck in der Reinigungskammer auf Atmosphärendruck erhöht. Die Reinigungskammer wird geöffnet, um sie zu entladen. Dann kann ein neuer Reinigungszyklus beim Schritt a) oben begonnen werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Reinigung eines oder mehrerer Gegenstände in der Dampfphase eines organischen Lösungsmittels, wobei Lösungsmitteldampf in eine die zu reinigenden Gegenstände enthaltende evakuierte Reinigungskammer (**1**) eingespeist wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass
a) der Druck in der Reinigungskammer (**1**) auf 200 mbar oder tiefer eingestellt und diese dann mindestens einmal mit dem flüssigen Lösungsmittel überflutet wird unter Vorreinigung der Gegenstände, und anschließend das flüssige Lösungsmittel aus der Reinigungskammer (**1**) abgezogen wird, und danach
b) der Lösungsmitteldampf bei einem Druck von 200 mbar oder tiefer mit einer Temperatur am oder oberhalb des Flammpunktes des organischen Lösungsmittels in die evakuierte Reinigungskammer (**1**) eingespeist und die Reinigung durch Kondensation des Lösungsmitteldampfes auf den Gegenständen vervollständigt wird.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein absoluter Druck von 125 mbar oder weniger in der Reinigungskammer aufrechterhalten wird.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das organische Lösungsmittel mehr als 50% eines aliphatischen Kohlenwasserstoffes mit 5 bis 15 Kohlenstoffen, eines aromatischen Kohlenwasserstoffes, einer sauerstoffhaltigen organischen Verbindung, eines zyklischen Siloxans oder einer Mischung von zwei oder mehr solcher Verbindungen enthält, bezogen auf das Gesamtgewicht des organischen Lösungsmittels.

4. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das organische Lösungsmittel halogenfrei ist.

5. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das organische Lösungsmittel einen Flammpunkt von 10°C bis 100°C hat.

6. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Reini-

gung in der Dampfphase der oder die Gegenstände in einem Prozess getrocknet werden, worin der Absolutdruck in der Reinigungskammer auf die Hälfte oder weniger des Druckes reduziert wird, der während der Reinigung in der Dampfphase aufrechterhalten wird.

7. Apparatur zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Patentansprüche 1 bis 6 enthaltend die Reinigungskammer (**1**), einen Verdampfer (**4**), einen Kondensator (**6**) und eine Vakuumpumpe (**7**) sowie einen oder mehrere Vorratsbehälter (**2**, **3**) für flüssiges Lösungsmittel, die durch Rohrleitungen und Ventile so verbunden sind, dass ein Druck von 200 mbar oder weniger in der gesamten Anlage aufrechterhalten werden kann, während eine aufeinanderfolgende Spülung der Reinigungskammer (**1**) mit flüssigem und mit verdampftem Lösungsmittel durchgeführt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

**Anhängende Zeichnungen**

