

(19)



(11)

**EP 4 523 792 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**19.03.2025 Patentblatt 2025/12**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B01L 3/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **24190009.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B01L 3/502707; B01L 3/502738; B01L 3/502753;**  
**B01L 3/527; B01L 3/567; B01L 2200/02;**  
**B01L 2200/025; B01L 2200/027; B01L 2200/028;**  
**B01L 2200/0621; B01L 2200/0631; B01L 2200/10;**  
**B01L 2200/16; B01L 2300/0636; B01L 2300/0681;**  
(Forts.)

(22) Anmeldetag: **22.07.2024**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB**  
**GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL**  
**NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**GE KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

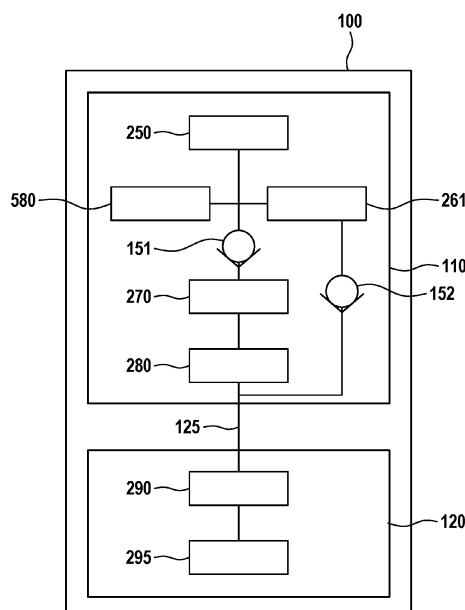
(72) Erfinder: **Podbiel, Daniel Sebastian**  
**71277 Rutesheim (DE)**

(30) Priorität: **14.09.2023 DE 102023208920**

(54) **MIKROFLUIDISCHE VORRICHTUNG ZUM ANALYSIEREN VON PROBENMATERIAL UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER MIKROFLUIDISCHEN VORRICHTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine mikrofluidische Vorrichtung (100) zum Analysieren von Probenmaterial, wobei die Vorrichtung (100) ein mikrofluidisches Netzwerk (105) aufweist, wobei das Netzwerk (105) ein erstes Teilnetzwerk (110) zum Aufreinigen von Probenmaterial

umfasst. Dabei sind in dem ersten Teilnetzwerk (110) eine erste mikrofluidische Pumpkammer (151) und eine zweite mikrofluidische Pumpkammer (152) in Reihe zu einem Funktionsmodul (270) zum Filtern von Probenmaterial geschaltet.

**Fig. 5**

- (52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)  
B01L 2300/0816; B01L 2300/0864;  
B01L 2300/087; B01L 2400/0487; B01L 2400/0605

## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht von einer mikrofluidischen Vorrichtung zum Analysieren von Probenmaterial und einem Verfahren zum Betreiben einer mikrofluidischen Vorrichtung nach Gattung der unabhängigen Ansprüche aus. Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Computerprogramm.

**[0002]** Mikrofluidische Analysesysteme, sogenannte Lab-on-Chips, kurz LoCs, erlauben ein automatisiertes, zuverlässiges, schnelles, kompaktes und kostengünstiges Prozessieren von Patientenproben für die medizinische Diagnostik. Durch die Kombination einer Vielzahl von Operationen für die kontrollierte Manipulation von Fluiden können komplexe molekulardiagnostische Testabläufe in einer Lab-on-Chip-Kartusche, welche auch als mikrofluidische Analysevorrichtung bezeichnet werden kann, durchgeführt werden. Lab-on-Chip-Kartuschen können beispielsweise kostengünstig aus Polymeren hergestellt werden unter Verwendung von Serienfertigerungsverfahren wie beispielsweise Spritzgießen, Stanzen oder Laserdurchstrahl-Schweißen. Das Prozessieren einer Lab-on-Chip-Kartusche erfolgt in einem dazugehörigen Analysegerät. Es sind unterschiedliche Typen von mikrofluidischen Analysesystemen bekannt.

**[0003]** Die DE 10 2021 203 638 A1 offenbart eine entsprechende mikrofluidische Vorrichtung zum Analysieren von Probenmaterial, wobei die Vorrichtung ein erstes Teilnetzwerk zum Aufreinigen von Probenmaterial und ein durch einen Verbindungskanal mit dem ersten Teilnetzwerk verbundenes zweites Teilnetzwerk zum Amplifizieren von Probenmaterial umfasst.

### Offenbarung der Erfindung

**[0004]** Vor diesem Hintergrund werden mit dem hier vorgestellten Ansatz eine mikrofluidische Vorrichtung zum Analysieren von Probenmaterial und ein Verfahren zum Betreiben einer mikrofluidischen Vorrichtung, weiterhin ein Steuergerät, das dieses Verfahren verwendet, sowie schließlich ein entsprechendes Computerprogramm gemäß den Hauptansprüchen vorgestellt. Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im unabhängigen Anspruch angegebenen Vorrichtung möglich.

**[0005]** Im Allgemeinen verfügt eine druckbasierte mikrofluidische Analysevorrichtung über eine Vielzahl von aktiven mikrofluidischen Elementen wie Ventilen und Pumpkammern, welche in einem geeigneten Netzwerk aus mikrofluidischen Kanälen miteinander verbunden sind. Die pneumatische Ansteuerung der aktiven mikrofluidischen Elemente erfolgt wiederum über pneumatische Mikrokanäle innerhalb der mikrofluidischen Vorrichtung, welche über eine möglichst kompakt ausgestaltete Schnittstelle der mikrofluidischen Analysevorrichtung zu

einem Analysegerät, welches zugleich als Prozessierungseinheit fungieren kann, mit Über- oder Unterdruck beaufschlagt werden können, um eine Aktuation der mikrofluidischen Elemente durch ein entsprechendes Auslenken einer elastischen Membran zu induzieren. Bei dem Design einer derartigen mikrofluidischen Analysevorrichtung stellt sich also insbesondere die Frage nach einer besonders vorteilhaften Anordnung der Elemente und Ausgestaltung des mikrofluidischen Netzwerks, um in besonders vorteilhafter Weise ein vorgegebenes Anwendungsspektrum mit der mikrofluidischen Vorrichtung adressieren zu können. Die hier vorgestellte mikrofluidische Vorrichtung bietet eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung eines mikrofluidischen Netzwerks mit aktiven, pneumatisch ansteuerbaren Elementen zum Prozessieren einer Probenflüssigkeit. Dabei kann vorteilhafterweise der Verbrauch an Reagenzien, die für die Durchführung eines Testablaufs erforderlich sind, minimiert werden, wobei gleichzeitig eine besonders hohe Zuverlässigkeit bei dem mikrofluidischen Prozessieren erreicht werden kann.

**[0006]** Es wird eine mikrofluidische Vorrichtung zum Analysieren von Probenmaterial vorgestellt, wobei die Vorrichtung ein mikrofluidisches Netzwerk aufweist, wobei das Netzwerk ein erstes Teilnetzwerk zum Extrahieren und damit Aufreinigen von Probenmaterial und optional ein durch einen Verbindungskanal mit dem ersten Teilnetzwerk verbundenes zweites Teilnetzwerk zum Vervielfältigen und damit Amplifizieren von Probenmaterial umfasst.

**[0007]** Wenn die mikrofluidische Vorrichtung das zweite Teilnetzwerk umfasst, kann das erste Teilnetzwerk und das zweite Teilnetzwerk optional in einer linearen Topologie angeordnet sein. Ferner können die Teilnetzwerke voneinander abtrennbar sein.

**[0008]** Das erste Teilnetzwerk umfasst ein erstes Funktionsmodul zum Bereitstellen von Flüssigkeitsreagenzien, ein zweites Funktionsmodul zum Eingeben einer Probensubstanz, ein drittes Funktionsmodul zum Filtern von Probenmaterial, ein viertes Funktionsmodul zum Speichern einer Flüssigkeit und eine erste mikrofluidische Pumpkammer sowie eine zweite mikrofluidische Pumpkammer zum Herstellen eines Fluidtransports. Gemäß besonderer Ausgestaltung können das zweite und das vierte Funktionsmodul auch als ein gemeinsames Funktionsmodul ausgebildet sein. Die erste mikrofluidische Pumpkammer und die zweite mikrofluidische Pumpkammer sind in Reihe zu dem dritten Funktionsmodul zum Filtern von Probenmaterial geschaltet.

**[0009]** Das optionale zweite Teilnetzwerk umfasst ein erstes Funktionsmodul zum Amplifizieren von Probenmaterial und optional ein zweites Funktionsmodul zum Lösen wenigstens eines Amplifikationsreaktions-Beads.

**[0010]** Bei der mikrofluidischen Vorrichtung kann es sich beispielsweise um eine Lab-on-Chip-Kartusche als Bestandteil eines druckbasierten mikrofluidischen Analysesystems handeln. Dabei kann der Flüssigkeitstransport innerhalb der mikrofluidischen Analysevorrichtung

durch das Anlegen von, zumeist pneumatischem, Druck erfolgen. Bei dem Probenmaterial, welches beispielsweise aus einer in die mikrofluidische Vorrichtung eingegebenen Probensubstanz stammen und innerhalb der mikrofluidischen Vorrichtung prozessiert werden kann, kann es sich beispielsweise um eine Probenflüssigkeit handeln. Dabei kann unter einer Probensubstanz die Probe verstanden werden, welche in die Kartusche eingegeben werden kann, zum Beispiel eine Flüssigprobe oder eine Abstrich-Probe. Hingegen kann es sich bei dem Probenmaterial insbesondere auch lediglich um Bestandteile der Probensubstanz handeln, welche aus der Probensubstanz beispielsweise durch Extraktion gewonnen wurden. Beispielsweise kann diese Probenflüssigkeit eine wässrige Lösung sein, beispielsweise gewonnen aus einer biologischen Substanz, beispielsweise humanen Ursprungs, wie einer Körperflüssigkeit, eines Abstrichs, eines Sekrets, Sputum, einer Gewebeprobe oder einer Vorrichtung mit angebundenem Probenmaterial. In der Probenflüssigkeit können sich beispielsweise Spezies von medizinischer, klinischer, diagnostischer oder therapeutischer Relevanz wie beispielsweise Bakterien, Viren, Zellen, zirkulierende Tumorzellen, zellfreie DNA, Proteine oder andere Biomarker oder insbesondere Bestandteile aus den genannten Objekten befinden. Beispielsweise kann es sich bei der Probenflüssigkeit um einen Mastermix oder Bestandteile davon handeln, beispielsweise für die Durchführung wenigstens einer Amplifikationsreaktion in der mikrofluidischen Analysevorrichtung beispielsweise für einen DNA-Nachweis auf molekularer Ebene wie beispielsweise einer isothermalen Amplifikationsreaktion oder einer Polymerase-Kettenreaktion. Dabei kann in der Vorrichtung zum Beispiel aus einer eingegebenen Probensubstanz, zum Beispiel einer Flüssigprobe oder Abstrichprobe, zunächst Probenmaterial extrahiert werden. Das heißt es kann ein Aufreinigen von Probenmaterial durchgeführt werden, um eine anschließende Amplifikation von Bestandteilen der Probensubstanz zu ermöglichen. Das Aufreinigen ist besonders vorteilhaft, da die ursprüngliche Probensubstanz Bestandteile, sogenannte Inhibitoren, enthalten kann, welche die Amplifikationsreaktion nachteilig beeinflussen würden. Bei der anschließenden Amplifikationsreaktion können lediglich Bestandteile der ursprünglichen Probensubstanz, wie zum Beispiel bestimmte DNA-Basensequenzen, amplifiziert, das heißt vervielfältigt, werden. Durch das lokale Anlegen von Über- oder Unterdruck kann beispielsweise eine elastische Membran als Bestandteil der mikrofluidischen Vorrichtung gezielt in Ausnehmungen in der mikrofluidischen Vorrichtung ausgelenkt werden, um auf diese Weise Flüssigkeit in die Ausnehmungen anzusaugen oder aus den Ausnehmungen zu verdrängen. Durch die elastische Membran kann hierbei zugleich eine Trennung zwischen den mikrofluidischen, flüssigkeitsführenden Bereichen der Vorrichtung einerseits sowie den pneumatischen Bereichen und der äußeren Umgebung andererseits erreicht werden. Abhängig von der Größe

einer Ausnehmung in einem flüssigkeitsführenden Bereich und dem damit verbundenen Verdrängungsvolumen bei einem Auslenken der Membran in diesen Bereich kann beispielsweise eine mikrofluidische Pumpkammer mit großem Verdrängungsvolumen zur vordergründigen Erzeugung eines Flusses in der Vorrichtung oder ein mikrofluidisches Ventil mit kleinem Verdrängungsvolumen zur vordergründigen Steuerung des Flusses in der Vorrichtung vorliegen. Durch eine Kombination aus insgesamt wenigstens drei mikrofluidischen Pumpkammern und zusätzlich oder alternativ Ventilen kann sich durch sukzessive Aktuation der Elemente ein gerichteter Fluss in der mikrofluidischen Vorrichtung erzeugen lassen. Beispielsweise kann eine Pumpkammer mit zwei umrahmenden Ventilen, das heißt einem Einlass- und einem Auslassventil, kombiniert werden, um einen gerichteten Flüssigkeitstransport zu erzielen. Darüber hinaus können beispielsweise auch drei gleichartige Elemente mit vergleichbarem Verdrängungsvolumen miteinander kombiniert werden, um durch reihenweise, sukzessive Aktuation einen peristaltischen Flüssigkeitstransport zu bewirken.

**[0011]** Beispielsweise können die Funktionsmodule des ersten Teilnetzwerks sukzessive zum Aufreinigen beziehungsweise Extrahieren von Probenmaterial eingesetzt werden. Dabei kann zum Beispiel das erste Funktionsmodul Flüssigreagenzien bereitstellen, in denen beispielsweise Probenmaterial gelöst und zusätzlich oder alternativ innerhalb der Vorrichtung transportiert werden kann. In das zweite Funktionsmodul kann eine Probensubstanz beispielsweise in Form einer Probenflüssigkeit oder einer Abstrichprobe eingegeben und gegebenenfalls von einem Trägerelement wie beispielsweise einer Probennahmeverrichtung gelöst werden. Unter Verwendung des dritten Funktionsmoduls können zum Beispiel bestimmte Spezies aus der Probensubstanz herausgefiltert werden, sodass im weiteren Verlauf nur der zu analysierende Teil des Probenmaterials weiter transportiert werden kann. Im vierten Funktionsmodul kann beispielsweise Flüssigkeit, welche beispielsweise während der Aufreinigung der Probensubstanz anfällt, gespeichert oder zwischengespeichert werden. Mittels des Pumpmoduls kann dabei ein Flüssigkeitstransport zwischen den unterschiedlichen Funktionsmodulen und zusätzlich oder alternativ zwischen den Teilnetzwerken hergestellt werden. So kann zum Beispiel nach dem Aufreinigen der Probensubstanz in den Funktionsmodulen des ersten Teilnetzwerks ein mit Probenmaterial angereichertes Fluid durch den Verbindungskanal von dem ersten Teilnetzwerk in das zweite Teilnetzwerk transportiert werden. Hier kann Probenmaterial zum Beispiel im ersten Funktionsmodul vervielfältigt beziehungsweise amplifiziert werden, während beispielsweise in einem zweiten Funktionsmodul ein sogenanntes Amplifikationsreaktions-Bead bereitgestellt werden kann. Vorteilhafterweise kann somit die Anzahl der Spülschritte, welche für die Durchführung eines Testablaufs innerhalb der mikrofluidischen Vorrichtung erforderlich sind, verringert

werden. Auf diese Weise kann die Zeitdauer, welche für die Durchführung eines Testablaufs erforderlich ist, verkürzt werden.

**[0012]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform können das vierte Funktionsmodul des ersten Teilnetzwerks und das erste Funktionsmodul des zweiten Teilnetzwerks durch den Verbindungskanal fluidisch verbunden sein. Beispielsweise kann bei der Aufreinigung der Proben substanz anfallende Flüssigkeit im vierten Funktionsmodul des ersten Teilnetzwerks gespeichert werden. Unter Verwendung des Verbindungskanals kann eine Flüssigkeit mit Probenmaterial in das erste Funktionsmodul des zweiten Teilnetzwerks überführt werden und Probenmaterial kann anschließend amplifiziert werden. Vorteilhafterweise kann durch die alleinige Verbindung der zwei Funktionsmodule eine Abtrennung einzelner Funktionsmodule sowie der Teilnetzwerke voneinander vereinfacht und das Auftreten einer Quer-Kontamination zwischen verschiedenen Ablaufschritten, das heißt ein unerwünschtes Vermischen von unterschiedlichen Flüssigkeitslösungen, welche während der Durchführung des Testablaufs zum Einsatz kommen, kann unterbunden werden.

**[0013]** Die hier vorgestellte Vorrichtung weist dabei vorteilhafterweise eine Abgrenzung der verschiedenen Funktionalitäten auf, welche von der mikrofluidischen Vorrichtung bereitgestellt werden können, in Form von mikrofluidisch abtrennbaren Teilnetzwerken. Unter einem Teilnetzwerk kann dabei eine Mehrzahl von miteinander verbundenen mikrofluidischen Elementen verstanden werden. Bei den mikrofluidischen Elementen kann es sich wie oben erwähnt um passive Elemente wie Kammern oder um aktuierebare Elemente wie Pumpkammern, Pumpen oder Ventile handeln. Vorzugsweise umfasst ein Teilnetzwerk zumindest zwei, bevorzugt mehr als zwei miteinander fluidisch verbundene mikrofluidische Elemente. Mit zwei voneinander abtrennbaren Teilnetzwerken ist insbesondere gemeint, dass die beiden Teilnetzwerke in zwei örtlich voneinander getrennten Bereichen angeordnet sind, und in einer vorzugsweisen Ausgestaltung durch einen ebenen Schnitt voneinander getrennt werden können. Alternativ oder zusätzlich kann unter zwei voneinander abtrennbaren Teilnetzwerken verstanden werden, dass die beiden Teilnetzwerke durch ein oder mehrere Kanäle, bevorzugt nur durch einen Kanal, miteinander verbunden sind, wobei die Kanäle beziehungsweise der Kanal vorzugsweise durch wenigstens ein fluidisches Trennelement wie beispielsweise ein Ventil fluidisch voneinander getrennt werden können.

**[0014]** Aufgrund der abtrennbaren Teilnetzwerke kann vorteilhafterweise eine Mehrfachansteuerung von mikrofluidischen Elementen ermöglicht werden, welche verschiedenen Teilnetzwerken zugeordnet sein können. Ferner ermöglicht eine Trennung der Durchführung von Aufreinigung und Amplifikation in separaten Teilnetzwerken eine Verringerung der Anzahl an Spülschritten sowie eine Unterbindung eines unerwünschten mikrofluidischen Quersprechens zwischen verschiedenen Ab-

laufschritten.

**[0015]** Indem das erste Teilnetzwerk und das zweite Teilnetzwerk in einer linearen Topologie angeordnet sind, die Teilnetzwerke also linear oder in einer Reihe geordnet sind, wird eine lineare Netzwerktopologie realisiert, durch die Totvolumina, welche bei der Durchführung eines Testablaufs innerhalb der mikrofluidischen Analysevorrichtung auftreten können, besonders gering ausfallen können. Auf diese vorteilhafte Weise kann die Menge an Reagenzien, welche zur Durchführung des Testablaufs innerhalb der mikrofluidischen Vorrichtung benötigt wird, reduziert werden.

**[0016]** Die Funktionsmodule des ersten Teilnetzwerks und zusätzlich oder alternativ des zweiten Teilnetzwerks können fluidisch voneinander abtrennbar sein. Beispielsweise kann jedes Funktionsmodul eine bestimmte Aufgabe innerhalb eines Aufreinigungs- oder Analyseprozesses erfüllen und hierfür eine variable Anzahl einzelner Elemente wie zum Beispiel Ventile, Pump- oder Speicherkammern aufweisen. Dabei können die einzelnen Funktionsmodule zum Beispiel mittels Abtrennventilen voneinander abtrennbar sein. Ferner können zumindest einige der Funktionsmodule in einer bevorzugten Ausgestaltung in einer linearen Topologie angeordnet sein. Die Funktionsmodule können während eines Aufreinigungs- und Analysevorgangs zum Beispiel sukzessive angesteuert werden, um beispielsweise zunächst eine Spezies aus einer Proben substanz zu extrahieren und einen anschließenden Nachweis der Spezies oder Bestandteilen davon in getrennten Bereichen der vorgestellten mikrofluidischen Analysevorrichtung zu ermöglichen. Vorteilhafterweise kann dadurch ein mögliches Quersprechen, das heißt ein unerwünschtes Vermischen von unterschiedlichen Flüssigkeitslösungen, welches üblicherweise durch eine mehrfache Verwendung von bestimmten Bereichen des mikrofluidischen Netzwerks auftreten kann, unterbunden werden. Auf diese Weise kann die Effizienz chemischer Reaktionen, welche innerhalb der mikrofluidischen Analysevorrichtung ablaufen, gesteigert und die Sensitivität, die bei einem Nachweis erzielt werden kann, erhöht werden.

**[0017]** Die erste mikrofluidische Pumpkammer und die zweite mikrofluidische Pumpkammer können verwendet werden, um einen Fluidtransport durch das dritte Funktionsmodul zum Filtern von Probenmaterial herzustellen. Ferner können die beiden Pumpkammern verwendet werden, um einen Fluidtransport durch weitere Funktionsmodule des ersten Teilnetzwerks und optional des zweiten Teilnetzwerks und/oder einen Fluidtransport von dem ersten Teilnetzwerk in das zweite Teilnetzwerk herzustellen. Gemäß einer Ausführungsform umfasst das erste Teilnetzwerk neben der ersten und der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer keine weitere Pumpkammer oder Pumpeinrichtung.

**[0018]** Indem die beiden Pumpkammern in Reihe zu dem dritten Funktionsmodul zum Filtern von Probenmaterial geschaltet sind, können die beiden Pumpkammern gemeinsam verwendet werden, um eine Druckdifferenz

zwischen Anschlüssen des dritten Funktionsmoduls zu generieren.

**[0019]** Die Vorrichtung kann dazu einen Ansteueranschluss zum Anlegen eines ersten Drucks an die erste mikrofluidische Pumpkammer und einen Ansteueranschluss zum Anlegen eines zweiten Drucks an die zweite mikrofluidische Pumpkammer aufweisen. Der erste Druck kann dabei ein Ausdrücken der ersten mikrofluidischen Pumpkammer bewirken und der zweite Druck kann ein Ansaugen mit der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer bewirken. Durch kombiniertes Ausdrücken und Ansaugen kann eine große Druckdifferenz an dem dritten Funktionsmodul bewirkt werden. Beispielsweise kann der erste Druck ein Überdruck und der zweite Druck ein Unterdruck sein, jeweils bezogen auf einen Umgebungsdruck.

**[0020]** Gemäß einer Ausführungsform kann ein erster Anschluss der ersten mikrofluidischen Pumpkammer mit dem ersten Funktionsmodul zum Bereitstellen von Flüssigkeitsreagenzien sowie dem zweiten Funktionsmodul zum Eingeben einer Probensubstanz verbunden sein. Ein zweiter Anschluss der ersten mikrofluidischen Pumpkammer kann mit einem ersten Anschluss des dritten Funktionsmoduls zum Filtern von Probenmaterial verbunden sein. Ein erster Anschluss der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer kann mit dem zweiten Funktionsmodul zum Eingeben einer Probensubstanz verbunden sein. Ein zweiter Anschluss der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer kann mit einem zweiten Anschluss des dritten Funktionsmoduls zum Filtern von Probenmaterial verbunden sein. Je nach Ausführungsform können die entsprechenden Anschlüsse direkt, also ohne ein weiteres zwischengeschaltetes Element, oder beispielsweise abtrennbar, also beispielsweise über zumindest ein zwischengeschaltetes mikrofluidisches Ventil, verbunden sein.

**[0021]** Das dritte Funktionsmodul kann ein Filterelement umfassen, das abtrennbar mit dem ersten Anschluss des dritten Funktionsmoduls und abtrennbar mit dem zweiten Anschluss des dritten Funktionsmoduls verbunden sein kann. Zudem kann das dritte Funktionsmodul zumindest ein mikrofluidisches Ventil umfassen, das zwischen den ersten und den zweiten Anschluss des dritten Funktionsmoduls geschaltet ist. Dadurch ist eine Umgehung des Filterelements möglich. Das Filterelement kann als entsprechend bekannter Filter ausgeformt sein und eine Extraktion von Bestandteilen aus einer Flüssigkeit ermöglichen.

**[0022]** Das zweite Funktionsmodul kann eine Probeneingabekammer zum Eingeben einer Probensubstanz umfassen. Dabei kann die Probeneingabekammer abtrennbar mit einem ersten Anschluss des zweiten Funktionsmoduls und abtrennbar mit einem zweiten Anschluss des zweiten Funktionsmoduls verbunden sein. Der erste Anschluss der ersten mikrofluidischen Pumpkammer kann mit dem ersten Anschluss des zweiten Funktionsmoduls und der erste Anschluss der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer kann mit dem zweiten

Anschluss des zweiten Funktionsmoduls verbunden sein. Vorteilhafterweise können die Pumpkammer auch verwendet werden, um eine in die Probeneingabekammer eingegebene Probensubstanz durch das erste Teilnetzwerk zu transportieren.

**[0023]** Gemäß einer Ausführungsform kann die Vorrichtung einen gemeinsamen Ansteueranschluss zum Anlegen eines Drucks aufweisen, wobei der gemeinsame Ansteueranschluss durch einen ersten Ansteuerkanal mit einem Element eines Funktionsmoduls des ersten Teilnetzwerks und durch einen zweiten Ansteuerkanal mit einem Element eines Funktionsmoduls des zweiten Teilnetzwerks verbunden sein kann. Bei dem Element kann es sich zum Beispiel um ein Ventil oder eine Pumpkammer oder ein anderes mikrofluidisches Element der Vorrichtung handeln. Beispielsweise kann an dem gemeinsamen Ansteueranschluss, der auch als Port oder Steuer-Port bezeichnet werden kann, ein Über- oder Unterdruck angelegt werden, um die Elemente der Funktionsmodule der Teilnetzwerke anzusteuern. Auf diese vorteilhafte Weise können mehrere aktive Elemente, welche jeweils unterschiedlichen Funktionsmodulen angehören, über einen gemeinsamen Ansteuerkanal geschaltet werden. Mit anderen Worten ausgedrückt ist also ein Multiplexing bei der Ansteuerung möglich. Durch ein Multiplexing bei der Ansteuerung der aktiven mikrofluidischen Elemente kann vorteilhafterweise die Anzahl der Steuer-Ports, welche für die Ansteuerung eines vorgegebenen mikrofluidischen Netzwerks benötigt werden, reduziert werden. Auf diese Weise können die Kosten, welche für das Analysegerät, das heißt insbesondere die Prozessierungseinheit, anfallen, gesenkt werden. Zudem kann durch ein Multiplexing bei der Ansteuerung der aktiven mikrofluidischen Elemente bei einer vorgegebenen Anzahl an Steuer-Ports ein mikrofluidisches Netzwerk mit einem gesteigerten Funktionsumfang realisiert werden. Auf diese Weise kann das Anwendungsspektrum, welches von einer derartigen mikrofluidischen Analysevorrichtung adressiert wird, erweitert werden.

**[0024]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das das vierte Funktionsmodul des ersten Teilnetzwerks ein erstes Absperrventil zum Schließen des Verbindungskanals und zusätzlich oder alternativ das erste Funktionsmodul des zweiten Teilnetzwerks ein zweites Absperrventil zum Schließen des Verbindungskanals aufweisen. Beispielsweise kann das erste Absperrventil geschlossen gehalten werden, während Probenmaterial innerhalb des ersten Teilnetzwerks prozessiert wird. Das hat den Vorteil, dass ein unerwünschtes vorzeitiges Eindringen eines im ersten Teilnetzwerk verwendeten Transferfluids mit Probenmaterial in das zweite Teilnetzwerk verhindert werden kann. Gleichmaßen kann nach einem Transport in das zweite Teilnetzwerk, bei dem beide Absperrventile geöffnet sein können, ein Schließen des zweiten Absperrventils einen Rückfluss des Transferfluids mit dem Probenmaterial in das erste Teilnetzwerk vorteilhafterweise verhindern.

**[0025]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann

die Vorrichtung einen Ventilansteueranschluss zum Anlegen eines Drucks umfassen, wobei das erste Absperrventil und das zweite Absperrventil mittels des Ventilansteueranschlusses steuerbar sein können. Beispielsweise können mittels des Ventilansteueranschlusses das erste Absperrventil und das zweite Absperrventil zeitgleich geschlossen oder geöffnet werden, um einen Fluidtransfer zwischen dem ersten Teilnetzwerk und dem zweiten Teilnetzwerk der Vorrichtung zu ermöglichen oder zu verhindern. Durch die gemeinsame Ansteuerung kann vorteilhafterweise die für das Prozessieren der Vorrichtung benötigte Anzahl an Ansteuer-elementen verringert und damit können die Kosten des Systems verringert werden.

**[0026]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das vierte Funktionsmodul des ersten Teilnetzwerks ausgebildet sein, um Probenmaterial auszugeben. Falls beispielsweise lediglich eine Aufreinigung und Extraktion von Probenmaterial in der Vorrichtung durchgeführt wird, kann das Probenmaterial beispielsweise nach dem Durchführen einer Extraktion wieder aus der mikrofluidischen Vorrichtung entnommen werden, ohne es in das zweite Teilnetzwerk zu überführen. Hierfür kann das vierte Funktionsmodul zum Beispiel eine Ausgabeeinrichtung zum Ausgeben des Probenmaterials umfassen. Vorteilhafterweise kann die Vorrichtung dadurch für verschiedene Analyseprozesse variabel eingesetzt werden.

**[0027]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das erste Teilnetzwerk ein zusätzliches viertes Funktionsmodul zum Speichern einer Flüssigkeit aufweisen. Auf diese Weise kann der Einsatzbereich der mikrofluidischen Analysevorrichtung ausgeweitet werden.

**[0028]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Vorrichtung mindestens einen weiteren Ansteueranschluss zum Anlegen eines Drucks umfassen, wobei der weitere Ansteueranschluss durch einen weiteren Ansteuerkanal entweder mit einem Element eines Funktionsmoduls des ersten Teilnetzwerks oder mit einem Element eines Funktionsmoduls des zweiten Teilnetzwerks verbunden sein kann. Die mikrofluidische Vorrichtung kann zum Beispiel eine Mehrzahl von Ansteueranschlüssen umfassen, wobei einige Ansteueranschlüsse ausgebildet sein können, um mehrere Elemente unterschiedlicher Funktionsmodule anzusteuern, während andere Ansteueranschlüsse zum Ansteuern eines bestimmten Elements eines Funktionsmoduls verwendet werden können. Vorteilhafterweise ist so eine präzise Ansteuerung aller Elemente der Funktionsmodule möglich.

**[0029]** Zudem wird ein Verfahren zum Betreiben einer Variante der zuvor vorgestellten mikrofluidischen Vorrichtung vorgestellt, wobei das Verfahren einen Schritt des Extrahierens von Probenmaterial unter Verwendung des ersten Teilnetzwerks, optional einen Schritt des Transferierens von Probenmaterial vom ersten Teilnetzwerk in das zweite Teilnetzwerk und optional einen Schritt des Amplifizierens von Probenmaterial unter Verwendung des zweiten Teilnetzwerks umfasst.

**[0030]** Der Schritt des Extrahierens umfasst einen Teilschritt des Filterns, in dem durch kombiniertes Ausdrücken der ersten mikrofluidischen Pumpkammer und Ansaugen mit der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer eine Druckdifferenz an dem dritten Funktionsmodul generiert wird, um das Filtern von Probenmaterial zu bewirken.

**[0031]** Gemäß einer Ausführungsform kann der Schritt des Extrahierens einen Teilschritt des Vermischens und zusätzlich oder alternativ einen Teilschritt des Herab-lösens und zusätzlich oder alternativ einen Teilschritt des Lysierens und zusätzlich oder alternativ einen Teilschritt des Spülens aufweisen. Zusätzlich oder alternativ kann der optionale Schritt des Transferierens einen Teilschritt des Eluierens aufweisen und zusätzlich oder alternativ kann der optionale Schritt des Amplifizierens einen Teilschritt des Lösens und zusätzlich oder alternativ einen Teilschritt des Vervielfältigens und zusätzlich oder alternativ einen Teilschritt des Erfassens aufweisen.

**[0032]** Dieses Verfahren kann beispielsweise in Software oder Hardware oder in einer Mischform aus Software und Hardware beispielsweise in einem Steuergerät implementiert sein.

**[0033]** Der hier vorgestellte Ansatz schafft ferner ein Steuergerät, das ausgebildet ist, um die Schritte einer Variante eines hier vorgestellten Verfahrens in entsprechenden Einrichtungen durchzuführen, anzusteuern bzw. umzusetzen. Auch durch diese Ausführungsvariante der Erfindung in Form eines Steuergeräts kann die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe schnell und effizient gelöst werden. Beispielsweise kann das Steuergerät verwendet werden, um die Ansteueranschlüsse der mikrofluidischen Vorrichtung mit zum Betrieb der Vorrichtung geeigneten Drücken zu beaufschlagen.

**[0034]** Hierzu kann das Steuergerät zumindest eine Recheneinheit zum Verarbeiten von Signalen oder Daten, zumindest eine Speichereinheit zum Speichern von Signalen oder Daten, zumindest eine Schnittstelle zu einem Sensor oder einem Aktor zum Einlesen von Sensorsignalen von dem Sensor oder zum Ausgeben von Steuersignalen an den Aktor und/oder zumindest eine Kommunikationsschnittstelle zum Einlesen oder Ausgeben von Daten aufweisen, die in ein Kommunikationsprotokoll eingebettet sind. Die Recheneinheit kann beispielsweise ein Signalprozessor, ein Mikrocontroller oder dergleichen sein, wobei die Speichereinheit ein Flash-Speicher, ein EEPROM oder eine magnetische Speichereinheit sein kann. Die Kommunikationsschnittstelle kann ausgebildet sein, um Daten drahtlos und/oder leitungsgebunden einzulesen oder auszugeben, wobei eine Kommunikationsschnittstelle, die leitungsgebundene Daten einlesen oder ausgeben kann, diese Daten beispielsweise elektrisch oder optisch aus einer entsprechenden Datenübertragungsleitung einlesen oder in eine entsprechende Datenübertragungsleitung ausgeben kann.

**[0035]** Unter einem Steuergerät kann vorliegend ein

elektrisches Gerät verstanden werden, das Sensorsignale verarbeitet und in Abhängigkeit davon Steuer- und/oder Datensignale ausgibt. Das Steuergerät kann eine Schnittstelle aufweisen, die hard- und/oder softwaremäßig ausgebildet sein kann. Bei einer hardwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen beispielsweise Teil eines sogenannten System-ASICs sein, der verschiedenste Funktionen des Steuergeräts beinhaltet. Es ist jedoch auch möglich, dass die Schnittstellen eigene, integrierte Schaltkreise sind oder zumindest teilweise aus diskreten Bauelementen bestehen. Bei einer softwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen Softwaremodule sein, die beispielsweise auf einem Mikrocontroller neben anderen Softwaremodulen vorhanden sind.

**[0036]** Von Vorteil ist auch ein Computerprogrammprodukt oder Computerprogramm mit Programmcodem, der auf einem maschinenlesbaren Träger oder Speichermedium wie einem Halbleiterspeicher, einem Festplattenspeicher oder einem optischen Speicher gespeichert sein kann und zur Durchführung, Umsetzung und/oder Ansteuerung der Schritte des Verfahrens nach einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen verwendet wird, insbesondere wenn das Programmprodukt oder Programm auf einem Computer oder einer Vorrichtung ausgeführt wird.

**[0037]** Ausführungsbeispiele des hier vorgestellten Ansatzes sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer mikrofluidischen Vorrichtung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer mikrofluidischen Vorrichtung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer mikrofluidischen Vorrichtung;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer mikrofluidischen Vorrichtung;

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung;

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung;

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung;

Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung;

Fig. 9 eine perspektivische Draufsichtdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung;

Fig. 10 eine Draufsichtdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung;

Fig. 11 eine perspektivische Draufsicht eines Ausschnitts der mikrofluidischen Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 12 eine perspektivische Unteransicht eines Ausschnitts der mikrofluidischen Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 13 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 1000 zum Betreiben einer mikrofluidischen Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 14 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 1000 zum Betreiben einer mikrofluidischen Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 15 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 1000 zum Betreiben einer mikrofluidischen Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 16 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 1000 zum Betreiben einer mikrofluidischen Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel; und

Fig. 17 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Analysegeräts zum Aufnehmen einer mikrofluidischen Vorrichtung.

**[0038]** In der nachfolgenden Beschreibung günstiger Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden für die in den verschiedenen Figuren dargestellten und ähnlich wirkenden Elemente gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente verzichtet wird.

**[0039]** Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer mikrofluidischen Vorrichtung 100. Die Vorrichtung 100 weist in diesem Ausführungsbeispiel ein mikrofluidisches Netzwerk 105 auf, das optional eine lineare Topologie aufweist. Das Netzwerk 105 ist in ein erstes Teilnetzwerk 110 und ein optionales zweites Teilnetzwerk 120 aufgeteilt, wobei beide Teilnetzwerke 110, 120 in der hier gezeigten Darstellung mittels gestrichelter Linien markiert sind.

**[0040]** Auch wenn in dieser und den folgenden Figuren Ausführungsbeispiele der mikrofluidischen Vorrichtung 100 mit den beiden Teilnetzwerken 110, 120 dargestellt sind, so kann die jeweils dargestellte mikrofluidische Vorrichtung jeweils auch nur mit dem ersten Teilnetzwerk 110 ausgeführt sein, also entweder kein zweites Teilnetzwerk 120 oder ein andersartig ausgeführtes zweites Teilnetzwerk umfassen.

**[0041]** Wenn eine entsprechende mikrofluidische Vorrichtung, wie beispielsweise die in Fig. 1 gezeigte mikrofluidische Vorrichtung 100 sowohl das erste Teilnetzwerk 110 als auch das zweite Teilnetzwerk 120 umfasst, sind

die beiden Teilnetzwerke 110, 120 über einen mikrofluidischen Verbindungskanal 125 miteinander verbunden. Optional sind das erste Teilnetzwerk 110 und das zweite Teilnetzwerk 120 in einer linearen Topologie angeordnet. Gemäß diesem und den in den folgenden Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele ist jedoch auch eine andersartige Anordnung der Teilnetzwerke 110, 120 möglich.

**[0042]** Sowohl das erste Teilnetzwerk 110 als auch das zweite Teilnetzwerk 120 umfassen weitere mikrofluidische Kanäle, die in der hier gezeigten Figur als durchgezogene Linien in schematischer Weise dargestellt sind, welche unterschiedliche mikrofluidische Elemente miteinander verbinden. Das Netzwerk 105 der mikrofluidischen Vorrichtung 100 zeichnet sich in diesem Ausführungsbeispiel insbesondere aus durch zwanzig aktive mikrofluidische Ventile 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150. Lediglich beispielhaft sind zwei Ventile 144, 145 an dem Verbindungskanal 125 angeordnet und als ein erstes Absperrventil 144 und als ein zweites Absperrventil 145 zum Schließen des Verbindungskanals ausgebildet. Somit sind die Teilnetzwerke 110, 120 voneinander abtrennbar. Das Netzwerk 105 umfasst zudem sechs aktive mikrofluidische Pumpkammern 151, 152, 153, 154, 155, 156, eine passive mikrofluidische Kammer 160, drei Vorlagerungskammern mit Entlüftungsöffnungen 161, 162, 163 für eine langzeitstabile Vorlagerung von Flüssigreagenzien, zwei Probeneingabekammern 167, 168, welche eine Probeneingabe ermöglichen, ein Filterelement 170, welches eine Extraktion von Bestandteilen aus einer Flüssigkeit ermöglicht, eine Flüssigkeitsspeicherkammer 180, welche für die Aufnahme von Flüssigkeiten nach einem Prozessieren in dem mikrofluidischen Netzwerk 105 dient, sowie vier Entlüftungsvorrichtungen 191, 192, 193, 194, welche zur Entlüftung des mikrofluidischen Netzwerks dienen. Die insgesamt sechsundzwanzig aktiven mikrofluidischen Elemente sind in diesem Ausführungsbeispiel durch pneumatische Steuerkanäle kontrollierbar, wie durch die senkrecht zu den mikrofluidischen Kanälen abzweigenden Striche in den Bezugssymbolen illustriert ist. Die Anordnung und Verknüpfung der benannten Elemente bildet das mikrofluidische Netzwerk 105, welches lediglich beispielhaft eine lineare Topologie aufweist.

**[0043]** Dabei setzt sich das mikrofluidische Netzwerk 105 der mikrofluidischen Vorrichtung 100 zusammen aus dem ersten Teilnetzwerk 110, welches für die Aufreinigung von Probenmaterial vorgesehen ist, sowie dem zweiten Teilnetzwerk 120, welches für eine Amplifikation von Probenmaterial vorgesehen ist. Die beiden Teilnetzwerke 110, 120 sind über einen mikrofluidischen Verbindungskanal 125 fluidisch miteinander verbunden. Dadurch ist ein mikrofluidisches Prozessieren im Rahmen der Durchführung eines Testablaufs innerhalb der beiden Teilnetzwerke 110, 120 sukzessive, das heißt nacheinander möglich. Entsprechend ist eine Kombination aus aktiven mikrofluidischen Elementen, welche jeweils in

unterschiedlichen Teilnetzwerken 110, 120 angeordnet sind, gegebenenfalls durch einen gemeinsamen Ansteuerkanal ansteuerbar.

**[0044]** Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer mikrofluidischen Vorrichtung 100. Die hier dargestellte Vorrichtung 100 entspricht oder ähnelt der in der vorangegangenen Figur beschriebenen Vorrichtung und umfasst ein mikrofluidisches Netzwerk 105, das in ein erstes Teilnetzwerk 110 und ein zweites Teilnetzwerk 120 aufgeteilt ist. In diesem Ausführungsbeispiel sind die mikrofluidischen Elemente des Netzwerks 105 innerhalb der Teilnetzwerke 110, 120 in einer Mehrzahl von voneinander abtrennbaren Funktionsmodulen angeordnet, wobei die einzelnen Funktionsmodule in der hier gezeigten Darstellung jeweils durch umrahmende rechteckige Kästen aus punktgestrichelten Linien markiert sind. Im Einzelnen umfasst das Teilnetzwerk 110 zur Aufreinigung von Probenmaterial in diesem Ausführungsbeispiel ein Pumpmodul 230 zum Transportieren von Fluiden und darin gelöstem Probenmaterial innerhalb des Netzwerks 105 beziehungsweise zwischen den unterschiedlichen Funktionsmodulen. Lediglich beispielhaft umfasst das Pumpmodul hierfür zwei aktive mikrofluidische Pumpkammern 151, 152 und ein mikrofluidisches Ventil 136. Zudem weist das erste Teilnetzwerk 110 ein erstes Funktionsmodul 250 zur Bereitstellung von Flüssigreagenzien auf. In diesem ersten Funktionsmodul sind lediglich beispielhaft drei Vorlagerungskammern 161, 162, 163 für eine langzeitstabile Vorlagerung von Flüssigreagenzien angeordnet. Lediglich beispielhaft handelt es sich bei den Flüssigkeitsreagenzien um wässrige Lösungen, beispielsweise Pufferlösungen für die Prozessierung einer Probensubstanz oder Bestandteilen davon. In einem anderen Ausführungsbeispiel können auch Mineralöle, Silikonöle oder fluorierte Kohlenwasserstoffe in den Vorlagerungskammern gelagert werden. In diesem Ausführungsbeispiel ist jede Vorlagerungskammer 161, 162, 163 fluidisch mit jeweils einem mikrofluidischen Ventil 131, 132, 133 verbunden, die wiederum über eine erste Kanalschnittstelle 255 fluidisch miteinander sowie mit einer zweiten Kanalschnittstelle 257 verbunden sind. Durch ein Schließen der Ventile 131, 132, 133 ist das erste Funktionsmodul 250 von dem restlichen mikrofluidischen Netzwerk 105 abtrennbar. Über die zweite Kanalschnittstelle 257 ist das erste Funktionsmodul 250 in diesem Ausführungsbeispiel mit dem Pumpmodul 230, mit einem zweiten Funktionsmodul 261 zur Eingabe von Probensubstanzen und lediglich beispielhaft mit einem zusätzlichen zweiten Funktionsmodul 262 zur Eingabe von Probensubstanzen verbunden. Dabei umfasst das zweite Funktionsmodul 261 eine Probeneingabekammer 167 mit einer Entlüftungsvorrichtung 191. Die Probeneingabekammer 167 ist lediglich beispielhaft ausgebildet, um eine Abstrichprobe, das heißt eine Probennahmenvorrichtung mit angebundenem Probenmaterial, aufzunehmen und ist innerhalb des zweiten Funktionsmoduls fluidisch mit zwei Ventilen 134, 135 verbunden. In ähnlicher Weise umfasst das zusätzliche zweite Funktions-

modul 262 eine Probeneingabekammer 168 mit einer Entlüftungsvorrichtung 192, die fluidisch mit zwei Ventilen 137, 138 verbunden ist. Dabei ist die Probeneingabekammer 168 in diesem Ausführungsbeispiel lediglich beispielhaft zum Eingeben einer Flüssigprobe ausgebildet. Das zweite Funktionsmodul 261 und das zusätzliche zweite Funktionsmodul 262 sind über die Ventile 134, 137 fluidisch mit der zweiten Kanalschnittstelle verbunden. Über die Ventile 135, 138 sind das zweite Funktionsmodul 261 und das zusätzliche zweite Funktionsmodul 262 wiederum mit einer dritten Kanalschnittstelle 265 fluidisch verbunden, über die lediglich beispielhaft eine fluidische Verbindung zu dem Pumpmodul 230 und zu einem dritten Funktionsmodul 270 zum Filtern des Probenmaterials besteht. Durch ein Schließen der Ventile 134, 135 ist das zweite Funktionsmodul 261 von dem restlichen mikrofluidischen Netzwerk 105 abtrennbar, ebenso wie das zusätzliche zweite Funktionsmodul 262 durch ein Schließen der Ventile 137, 138 von dem restlichen mikrofluidischen Netzwerk 105 abtrennbar ist. Das dritte Funktionsmodul 270 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel neben vier mikrofluidischen Ventilen 139, 140, 141, 142 ein Filterelement 170, bei dem es sich lediglich beispielhaft um einen Silika-Filter handelt und das lediglich beispielhaft ausgebildet ist, um Spezies aus einer Probensubstanz herauszufiltern. Dabei bewirkt ein Schließen der Ventile 139, 140, die fluidisch mit der dritten Kanalschnittstelle 265 und einem vierten Funktionsmodul 280 verbunden sind, ein Lenken eines Fluidstroms über das Filterelement 170. Durch ein Schließen der Ventile 139, 141 ist das dritte Funktionsmodul 270 gegenüber den Funktionsmodulen 250, 261, 262 und dem Pumpmodul 230 abtrennbar und durch ein Schließen der Ventile 140, 142 ist das dritte Funktionsmodul 270 gegenüber dem vierten Funktionsmodul 280 abtrennbar. Das vierte Funktionsmodul 280 ist in diesem Ausführungsbeispiel ausgebildet, um ein im Netzwerk 105 verwendetes Fluid zu speichern. Hierfür weist das vierte Funktionsmodul 280 lediglich beispielhaft eine Flüssigkeitsspeicherkammer 180 mit einer Entlüftungsvorrichtung 193 und zwei Ventile 143, 144 auf. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann das vierte Funktionsmodul 280 zusätzlich zum Ausgeben von Probenmaterial ausgebildet sein. Das vierte Funktionsmodul 280 ist in diesem Ausführungsbeispiel über eine vierte Kanalschnittstelle 285 fluidisch mit dem dritten Funktionsmodul 270 und dem Verbindungskanal 125 verbunden. Dabei ist das Ventil 144 lediglich beispielhaft als Absperrventil ausgebildet und am Verbindungskanal 125 angeordnet. Durch ein Schließen des Ventils 144 ist somit das gesamte erste Teilnetzwerk 110 von dem übrigen mikrofluidischen Netzwerk 105 abtrennbar. Der Verbindungskanal 125 stellt in diesem Ausführungsbeispiel eine fluidische Verbindung zwischen dem vierten Funktionsmodul 280 des ersten Teilnetzwerks 110 und einem ersten Funktionsmodul 290 des zweiten Teilnetzwerks 120 zur Amplifikation von Probenmaterial dar. Das erste Funktionsmodul 290 des zweiten Teilnetzwerks 120 ist in

diesem Ausführungsbeispiel ausgebildet, um Probenmaterial zu amplifizieren und umfasst hierfür lediglich beispielhaft drei in einer Reihe angeordnete aktive mikrofluidische Pumpkammern 153, 154, 155, die lediglich beispielhaft von zwei mikrofluidischen Ventilen 145, 146 eingeklammert sind. Dabei ist das Ventil 145 in diesem Ausführungsbeispiel direkt am Verbindungskanal 125 angeordnet und als Absperrventil ausgebildet. Durch ein Schließen des Ventils 145 ist somit das gesamte zweite Teilnetzwerk 120 von dem übrigen mikrofluidischen Netzwerk 105 abtrennbar. In diesem Ausführungsbeispiel weist das zweite Teilnetzwerk 120 zudem ein zweites Funktionsmodul 295 mit vier Ventilen 147, 148, 149, 150, einer aktiven mikrofluidischen Pumpkammer 156, einer passiven mikrofluidischen Kammer 160 und einer Entlüftungsvorrichtung 194 auf. Über die Ventile 146, 147 sind das erste Funktionsmodul 290 und das zweite Funktionsmodul 295 fluidisch miteinander verbunden. Eine Abtrennung der beiden Funktionsmodule 290, 295 voneinander ist somit sowohl mittels des Ventils 146 des ersten Funktionsmoduls 290 als auch mittels des Ventils 147 des zweiten Funktionsmoduls 295 möglich. Das zweite Funktionsmodul 295 des zweiten Teilnetzwerks 120 ist lediglich beispielhaft ausgebildet, um wenigstens ein Amplifikationsreaktions-Bead bereitzustellen. Lediglich beispielhaft handelt es sich bei dem Amplifikationsreaktions-Bead um eine lyophilisierte beziehungsweise gefriergetrocknete Reagenz zum Herstellen eines Amplifikationsreaktions-Mix.

**[0045]** Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer mikrofluidischen Vorrichtung 100. Die hier dargestellte Vorrichtung 100 entspricht oder ähnelt der in den vorangegangenen Figuren beschriebenen Vorrichtung. In der hier gezeigten Abbildung sind die Funktionsmodule 250, 261, 262, 270, 280, 290, 295 sowie das Pumpmodul 230 in vereinfachter Weise ohne die einzelnen mikrofluidischen Elemente dargestellt. Die Funktionsmodule 250, 261, 262, 270, 280, 290, 295 und das Pumpmodul 230 sind dabei in linearer Topologie angeordnet. Ferner sind die Funktionsmodule 250, 261, 262, 270, 280 sowie das Pumpmodul 230 als Bestandteile des ersten Teilnetzwerks 110 ausgebildet und die Funktionsmodule 290, 295 als Bestandteile des zweiten Teilnetzwerks 120, wobei das erste Teilnetzwerk 110 und das zweite Teilnetzwerk 120 über genau einen Verbindungskanal 125 miteinander verbunden sind. Durch die gewählte Topologie ist es lediglich beispielhaft möglich die Größe von Totvolumina zu verringern, die Anzahl von Pumpschritten zu reduzieren und ein unerwünschtes mikrofluidisches Quersprechen zwischen unterschiedlichen Prozessschritten eines Ablaufs zu unterbinden.

**[0046]** Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer mikrofluidischen Vorrichtung 100. Die hier dargestellte Vorrichtung 100 entspricht oder ähnelt der in den vorangegangenen Figuren beschriebenen Vorrichtung mit dem beschriebenen Netzwerk. Zusätzlich zu den mikrofluidischen Elementen, welche das Netzwerk 105 der mikrofluidischen Vorrichtung 100 bilden, sind

ferner auch die Ansteuerkanäle, welche zur Ansteuerung der aktiven mikrofluidischen Ventile 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150 und Pumpkammern 151, 152, 153, 154, 155, 156 dienen, als gestrichelte Linien eingezeichnet. In dieser besonders vorteilhaften Ausführungsform erfolgt eine Ansteuerung dieser sechsundzwanzig aktiven mikrofluidischen Elemente 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156 mittels einer kompakten Ansteuerschnittstelle 400. Die Ansteuerschnittstelle 400 umfasst lediglich beispielhaft zwanzig Ansteueranschlüsse 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, welche auch als Ansteuerungs-Ports bezeichnet werden können. Bei den Ansteuerungs-Ports handelt es sich in diesem Ausführungsbeispiel um pneumatische Anschlüsse, über welche eine Aktuation der aktiven mikrofluidischen Elemente 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156 lediglich beispielhaft durch das Anlegen eines Über- oder Unterdrucks erfolgt. Dadurch ist insgesamt ein sechsfaches Multiplexing erzielt, wie sich aus der Differenz der Anzahl von sechsundzwanzig Elementen und zwanzig Ports ergibt. In der hier gezeigten Figur sind die zugehörigen sechs Verzweigungen von pneumatischen Ansteuerkanälen, welche das Multiplexing ermöglichen, in Form von schwarzen Knotenpunkten illustriert. Die Verzweigung der Ansteuerkanäle erfolgt entweder direkt an einem Ansteuerungs-Port oder aber an einem geeigneten Punkt eines Ansteuerkanals. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel erfolgt lediglich beispielhaft eine Verzweigung direkt am Ansteueranschluss 409. Der Ansteueranschluss 409 ist lediglich beispielhaft ausgebildet, um durch einen ersten Ansteuerkanal 431 das Ventil 141 des dritten Funktionsmoduls 270 des ersten Teilnetzwerks 110 und durch einen zweiten Ansteuerkanal 432 das Ventil 148 des zweiten Funktionsmoduls 295 des zweiten Teilnetzwerks 120 gemeinsam anzusteuern. Auf ähnliche Weise sind in diesem Ausführungsbeispiel mittels eines Ventilansteueranschlusses 418 zum Anlegen eines Drucks das erste Absperrventil 144 und das zweite Absperrventil 145 steuerbar. Dadurch ist ein Öffnen oder Schließen des Verbindungskanals 125 unter Verwendung des Ventilansteueranschlusses 418 möglich und die einzelnen Teilnetzwerke 110, 120 sind voneinander abtrennbar. Hingegen weist ein zweiter Ansteueranschluss 410 in diesem Ausführungsbeispiel eine erste Verzweigung 441 und eine zweite Verzweigung 442 auf und ist somit ausgebildet, um sowohl das Ventil 131 des ersten Funktionsmoduls 250 des ersten Teilnetzwerks 110, als auch die Ventile 149, 150 des zweiten Funktionsmoduls 295 des zweiten Teilnetzwerks 120 gemeinsam anzusteuern. Die Ansteuerschnittstelle 400 umfasst zudem einen weiteren Ansteueranschluss 401 zum Anlegen eines Drucks, wobei der weitere Ansteueranschluss 401 in diesem Ausführungsbeispiel durch einen weiteren

Ansteuerkanal 451 mit dem Ventil 132 des ersten Funktionsmoduls 250 des ersten Teilnetzwerks 110 verbunden ist. Lediglich beispielhaft ist ein zweiter weiterer Ansteueranschluss 402 mit der Pumpkammer 152 des Pumpmoduls 230 des ersten Teilnetzwerks 110 verbunden, ein dritter weiterer Ansteueranschluss 403 ist mit dem Ventil 137 des zusätzlichen zweiten Funktionsmoduls 262 des ersten Teilnetzwerks 110 verbunden, ein vierter weiterer Ansteueranschluss 404 ist mit dem Ventil 138 des zusätzlichen zweiten Funktionsmoduls 262 des ersten Teilnetzwerks 110 verbunden, ein fünfter weiterer Ansteueranschluss 405 ist mit den Ventilen 139, 140 des dritten Funktionsmoduls 270 des ersten Teilnetzwerks 110 verbunden, ein sechster weiterer Ansteueranschluss 406 ist mit dem Ventil 143 des vierten Funktionsmoduls 280 des ersten Teilnetzwerks 110 verbunden, ein achter weiterer Ansteueranschluss 408 ist mit dem Ventil 142 des dritten Funktionsmoduls 270 des ersten Teilnetzwerks 110 verbunden, ein elfter weiterer Ansteueranschluss 411 ist mit dem Ventil 133 des ersten Funktionsmoduls 250 des ersten Teilnetzwerks 110 verbunden, ein zwölfter weiterer Ansteueranschluss 412 ist mit den Ventilen 134, 135 des zweiten Funktionsmoduls 261 des ersten Teilnetzwerks 110 verbunden, ein dreizehnter weiterer Ansteueranschluss 413 ist mit der Pumpkammer 151 des Pumpmoduls 230 des ersten Teilnetzwerks 110 verbunden und ein vierzehnter Ansteueranschluss 414 ist mit dem Ventil 136 des Pumpmoduls 230 des ersten Teilnetzwerks 110 verbunden. Gleichermäßen sind auch Elemente des zweiten Teilnetzwerks 120 der Vorrichtung 100 in diesem Ausführungsbeispiel mittels der Ansteuerschnittstelle 400 steuerbar. So ist lediglich beispielhaft ein siebter weiterer Ansteueranschluss 407 ist mit der Pumpkammer 153 des ersten Funktionsmoduls 290 des zweiten Teilnetzwerks 120 verbunden, ein fünfzehnter weiterer Ansteueranschluss 415 ist mit dem Ventil 146 des ersten Funktionsmoduls 290 des zweiten Teilnetzwerks 120 verbunden, ein sechzehnter weiterer Ansteueranschluss 416 ist mit der Pumpkammer 155 des ersten Funktionsmoduls 290 des zweiten Teilnetzwerks 120 verbunden, ein siebzehnter weiterer Ansteueranschluss 417 ist mit der Pumpkammer 154 des ersten Funktionsmoduls 290 des zweiten Teilnetzwerks 120 verbunden, ein neunzehnter weiterer Ansteueranschluss 419 ist mit dem Ventil 147 des zweiten Funktionsmoduls 295 des zweiten Teilnetzwerks 120 verbunden und ein zwanzigster weiterer Ansteueranschluss 420 ist mit der Pumpkammer 156 des zweiten Funktionsmoduls 295 des zweiten Teilnetzwerks 120 verbunden.

**[0047]** Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung 100. Die hier dargestellte Vorrichtung 100 entspricht oder ähnelt der in den vorangegangenen Figuren beschriebenen Vorrichtung.

**[0048]** Optional ist im Unterschied zu der anhand von Fig. 3 beschriebenen Vorrichtung anstelle eines zusätzlichen zweiten Funktionsmoduls zur Eingabe von Probensubstanzen ein zusätzliches viertes Funktionsmodul

580 zum Speichern einer Flüssigkeit dargestellt.

**[0049]** Im Unterschied zu der anhand von Fig. 3 beschriebenen Vorrichtung werden gemäß diesem Ausführungsbeispiel eine erste mikrofluidische Pumpkammer 151 und eine zweite mikrofluidische Pumpkammer 152 zum Transportieren von Flüssigkeit zwischen den Funktionsmodulen 250, 261, 270, 280, 290, 295, 580 eingesetzt.

**[0050]** In der hier gezeigten Abbildung sind die Funktionsmodule 250, 261, 270, 280, 290, 295, 580 in vereinfachter Weise ohne die einzelnen mikrofluidischen Elemente dargestellt. Die Funktionsmodule 250, 261, 270, 280, 290, 295, 580 sind dabei in linearer Topologie angeordnet. Die Funktionsmodule 250, 261, 270, 280, 580 sowie die Pumpkammern 151, 152 sind als Bestandteile des ersten Teilnetzwerks 110 ausgebildet und die Funktionsmodule 290, 295 als Bestandteile des zweiten Teilnetzwerks 120, wobei das erste Teilnetzwerk 110 und das zweite Teilnetzwerk 120 über genau den einen Verbindungskanal 125 miteinander verbunden sind.

**[0051]** Die erste mikrofluidische Pumpkammer 151 ist zwischen das erste Funktionsmodul 250 zum Bereitstellen von Flüssigkeitsreagenzien sowie das dritte Funktionsmodul 270 zum Filtern von Probenmaterial geschaltet. Beispielsweise ist ein erster Anschluss der ersten mikrofluidischen Pumpkammer 151 mit einem Anschluss des ersten Funktionsmoduls 250, einem ersten Anschluss des zweiten Funktionsmoduls 261 und einem ersten Anschluss des zusätzlichen vierten Funktionsmoduls 580 gekoppelt. Ein zweiter Anschluss der ersten mikrofluidischen Pumpkammer 151 ist beispielhaft mit einem ersten Anschluss des dritten Funktionsmoduls 270 und einem zweiten Anschluss des zusätzlichen vierten Funktionsmoduls 580 gekoppelt. Somit ist die erste mikrofluidische Pumpkammer 151 parallel zu dem optionalen zusätzlichen vierten Funktionsmodul 580 geschaltet.

**[0052]** Die zweite mikrofluidische Pumpkammer 152 ist zwischen das zweite Funktionsmodul 261 und einem mit dem Verbindungskanal 125 gekoppelten Anschluss des ersten Teilnetzwerks 110 geschaltet. Beispielsweise ist ein erster Anschluss der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer 152 mit einem zweiten Anschluss des zweiten Funktionsmoduls 261 gekoppelt. Ein zweiter Anschluss der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer 152 ist beispielhaft mit einem Anschluss des vierten Funktionsmoduls 280 zum Speichern einer Flüssigkeit verbunden.

**[0053]** Auf diese Weise ist eine Reihenschaltung zwischen den mikrofluidischen Pumpkammern 151, 152 und dem dritten Funktionsmodul 270 möglich, die es ermöglicht, die mikrofluidischen Pumpkammern 151, 152 so zu betreiben, dass sie gemeinsam eine Druckdifferenz zwischen den Anschlüssen des dritten Funktionsmoduls 270 bewirken. Beispielsweise kann die erste mikrofluidische Pumpkammer 151 so betrieben werden, dass die erste mikrofluidische Pumpkammer 151 einen Überdruck an dem ersten Anschluss des dritten Funk-

tionsmoduls 270 bewirkt. Zeitgleich kann die zweite mikrofluidische Pumpkammer 152 so betrieben werden, dass die zweite mikrofluidische Pumpkammer 152 einen Unterdruck an dem zweiten Anschluss des dritten Funktionsmoduls 270 bewirkt.

**[0054]** Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung 100. Die hier dargestellte Vorrichtung 100 entspricht oder ähnelt der in der vorangegangenen Figur beschriebenen Vorrichtung und umfasst ein mikrofluidisches Netzwerk 105, das in ein erstes Teilnetzwerk 110 und ein zweites Teilnetzwerk 120 aufgeteilt ist. In diesem Ausführungsbeispiel sind die mikrofluidischen Elemente des Netzwerks 105 innerhalb der Teilnetzwerke 110, 120 in einer Mehrzahl von voneinander abtrennbaren Funktionsmodulen angeordnet, wobei die einzelnen Funktionsmodule in der hier gezeigten Darstellung jeweils durch umrahmende rechteckige Kästen aus punktgestrichelten Linien markiert sind.

**[0055]** Die mikrofluidische Vorrichtung 100 entspricht im Wesentlichen der anhand von Fig. 2 beschriebenen Vorrichtung, wobei der wesentliche Unterschied in der Anordnung der mikrofluidischen Pumpkammern 151, 152 liegt.

**[0056]** Optional ist im Unterschied zu der anhand von Fig. 2 beschriebenen Vorrichtung anstelle eines zusätzlichen zweiten Funktionsmoduls zur Eingabe von Probensubstanzen ein zusätzliches viertes Funktionsmodul 580 zum Speichern einer Flüssigkeit dargestellt. Das zusätzliche vierte Funktionsmodul 580 umfasst eine zusätzliche Flüssigkeitsspeicherkammer 680, eine Entlüftungsvorrichtung 192 und beispielhaft drei Ventile 137, 138, 638.

**[0057]** Im Einzelnen umfasst das Teilnetzwerk 110 zur Aufreinigung von Probenmaterial in diesem Ausführungsbeispiel ein Pumpmodul zum Transportieren von Fluiden und darin gelöstem Probenmaterial innerhalb des Netzwerks 105 beziehungsweise zwischen den unterschiedlichen Funktionsmodulen. Lediglich beispielhaft umfasst das Pumpmodul hierfür die zwei aktiven mikrofluidischen Pumpkammern 151, 152 und die mikrofluidischen Ventile 136, 651.

**[0058]** Zudem weist das erste Teilnetzwerk 110 ein erstes Funktionsmodul 250 zur Bereitstellung von Flüssigkeitsreagenzien auf. In diesem ersten Funktionsmodul sind lediglich beispielhaft drei Vorlagerungskammern 161, 162, 163 für eine langzeitstabile Vorlagerung von Flüssigkeitsreagenzien angeordnet. Lediglich beispielhaft handelt es sich bei den Flüssigkeitsreagenzien um wässrige Lösungen, beispielsweise Pufferlösungen für die Prozessierung einer Probensubstanz oder Bestandteilen davon. In einem anderen Ausführungsbeispiel können auch Mineralöle, Silikonöle oder fluoridierte Kohlenwasserstoffe in den Vorlagerungskammern gelagert werden. In diesem Ausführungsbeispiel ist jede Vorlagerungskammer 161, 162, 163 fluidisch mit jeweils einem mikrofluidischen Ventil 131, 132, 133 verbunden, die wiederum über eine erste Kanalschnittstelle 255 fluidisch

miteinander sowie mit einer zweiten Kanalschnittstelle 257 verbunden sind. Durch ein Schließen der Ventile 131, 132, 133 ist das erste Funktionsmodul 250 von dem restlichen mikrofluidischen Netzwerk 105 abtrennbar.

**[0059]** Über die zweite Kanalschnittstelle 257 ist das erste Funktionsmodul 250 in diesem Ausführungsbeispiel mit dem mikrofluidischen Ventil 651, das in Reihe mit der mikrofluidischen Pumpkammer 151 geschaltet ist, mit einem zweiten Funktionsmodul 261 zur Eingabe von Probensubstanzen und lediglich beispielhaft mit dem zusätzlichen vierten Funktionsmodul 580 zur Eingabe von Probensubstanzen verbunden. Ein erster Anschluss der ersten Pumpkammer 151 ist über das Ventil 651 mit der zweiten Kanalschnittstelle 257 verbunden.

**[0060]** Dabei umfasst das zweite Funktionsmodul 261 eine Probeneingabekammer 167 mit einer Entlüftungsvorrichtung 191. Die Probeneingabekammer 167 ist lediglich beispielhaft ausgebildet, um eine Abstrichprobe, das heißt eine Probennahmeverrichtung mit angebundener Probenmaterial, aufzunehmen und ist innerhalb des zweiten Funktionsmoduls 261 fluidisch mit zwei Ventilen 134, 135 verbunden.

**[0061]** Das zweite Funktionsmodul 261 und das zusätzliche vierte Funktionsmodul 580 sind über die Ventile 134, 137 fluidisch mit der zweiten Kanalschnittstelle 257 verbunden. Über die Ventile 138, 638 ist das zusätzliche vierte Funktionsmodul 580 wiederum mit einer dritten Kanalschnittstelle 165 fluidisch verbunden, über die lediglich beispielhaft eine fluidische Verbindung zu der ersten Pumpkammer 151 und zu einem dritten Funktionsmodul 270 zum Filtern des Probenmaterials besteht. Durch ein Schließen der Ventile 134, 135 ist das zweite Funktionsmodul 261 von dem restlichen mikrofluidischen Netzwerk 105 abtrennbar, ebenso wie das zusätzliche vierte Funktionsmodul 262 durch ein Schließen der Ventile 137, 138, 638 von dem restlichen mikrofluidischen Netzwerk 105 abtrennbar ist.

**[0062]** Das dritte Funktionsmodul 270 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel neben vier mikrofluidischen Ventilen 139, 140, 141, 142 ein Filterelement 170, bei dem es sich lediglich beispielhaft um einen Silika-Filter handelt und das lediglich beispielhaft ausgebildet ist, um Spezies aus einer Probensubstanz herauszufiltern. Dabei bewirkt ein Schließen der in Reihe geschalteten Ventile 139, 140, die zwischen die dritte Kanalschnittstelle 265 und eine vierte Kanalschnittstelle 285 geschaltet sind, ein Lenken eines Fluidstroms über das Filterelement 170. Durch ein Schließen der Ventile 139, 141 ist das dritte Funktionsmodul 270 gegenüber den Funktionsmodulen 250, 261, 262 und dem Pumpmodul 230 abtrennbar und durch ein Schließen der Ventile 140, 142 ist das dritte Funktionsmodul 270 gegenüber dem vierten Funktionsmodul 280 abtrennbar.

**[0063]** Das vierte Funktionsmodul 280 ist in diesem Ausführungsbeispiel ausgebildet, um ein im Netzwerk 105 verwendetes Fluid zu speichern. Hierfür weist das vierte Funktionsmodul 280 lediglich beispielhaft eine

Flüssigkeitsspeicherkammer 180 mit einer Entlüftungsvorrichtung 193 und zwei Ventile 143, 144 auf. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann das vierte Funktionsmodul 280 zusätzlich zum Ausgeben von Probenmaterial ausgebildet sein. Das vierte Funktionsmodul 280 ist in diesem Ausführungsbeispiel über die zweite Pumpkammer 252 und das Ventil 136 fluidisch mit der vierten Kanalschnittstelle 285 verbunden.

**[0064]** Somit ist das dritte Funktionsmodul 270 zum Filtern von Probenmaterial zwischen die dritte Kanalschnittstelle 265 und die vierte Kanalschnittstelle 285 geschaltet. Ein zweiter Anschluss der ersten Pumpkammer 151 ist direkt mit der dritten Kanalschnittstelle 265 und ein zweiter Anschluss der zweiten Pumpkammer 152 ist über das Ventil 136 mit der dritten Kanalschnittstelle 265 verbunden.

**[0065]** Die vierte Kanalschnittstelle 285 ist über das Ventil 144, das lediglich beispielhaft als Absperrventil ausgebildet, mit dem Verbindungskanal 125 verbunden. Durch ein Schließen des Ventils 144 ist somit das gesamte erste Teilnetzwerk 110 von dem übrigen mikrofluidischen Netzwerk 105 und insbesondere von dem zweiten Teilnetzwerk 120 abtrennbar. Der Verbindungskanal 125 stellt in diesem Ausführungsbeispiel eine fluidische Verbindung zwischen dem vierten Funktionsmodul 280 des ersten Teilnetzwerks 110 und einem ersten Funktionsmodul 290 des zweiten Teilnetzwerks 120 zur Amplifikation von Probenmaterial dar.

**[0066]** Das erste Funktionsmodul 290 des zweiten Teilnetzwerks 120 ist in diesem Ausführungsbeispiel ausgebildet, um Probenmaterial zu amplifizieren und umfasst hierfür lediglich beispielhaft drei in einer Reihe angeordnete aktive mikrofluidische Pumpkammern 153, 154, 155, die lediglich beispielhaft von zwei mikrofluidischen Ventilen 145, 146 eingeklammert sind. Dabei ist das Ventil 145 in diesem Ausführungsbeispiel direkt am Verbindungskanal 125 angeordnet und als Absperrventil ausgebildet. Durch ein Schließen des Ventils 145 ist somit das gesamte zweite Teilnetzwerk 120 von dem übrigen mikrofluidischen Netzwerk 105 abtrennbar. In diesem Ausführungsbeispiel weist das zweite Teilnetzwerk 120 zudem ein zweites Funktionsmodul 295 mit vier Ventilen 147, 148, 149, 150, einer aktiven mikrofluidischen Pumpkammer 156, einer passiven mikrofluidischen Kammer 160 und einer Entlüftungsvorrichtung 194 auf. Über die Ventile 146, 147 sind das erste Funktionsmodul 290 und das zweite Funktionsmodul 295 fluidisch miteinander verbunden. Eine Abtrennung der beiden Funktionsmodule 290, 295 voneinander ist somit sowohl mittels des Ventils 146 des ersten Funktionsmoduls 290 als auch mittels des Ventils 147 des zweiten Funktionsmoduls 295 möglich. Das zweite Funktionsmodul 295 des zweiten Teilnetzwerks 120 ist lediglich beispielhaft ausgebildet, um wenigstens ein Amplifikationsreaktions-Bead bereitzustellen. Lediglich beispielhaft handelt es sich bei dem Amplifikationsreaktions-Bead um eine lyophilisierte beziehungsweise gefriergetrocknete Reagenz zum Herstellen eines Amplifikations-

reaktions-Mix.

**[0067]** Figur 7 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung 100. Die hier dargestellte Vorrichtung 100 entspricht oder ähnelt der in den vorangegangenen Figuren beschriebenen Vorrichtung mit dem beschriebenen Netzwerk. Zusätzlich zu den mikrofluidischen Elementen, welche das Netzwerk 105 der mikrofluidischen Vorrichtung 100 bilden, sind ferner auch die Ansteuerkanäle, welche zur Ansteuerung der aktiven mikrofluidischen Ventile 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 638, 651 und Pumpkammern 151, 152, 153, 154, 155, 156 dienen, als gestrichelte Linien eingezeichnet. In dieser Ausführungsform erfolgt eine Ansteuerung dieser aktiven mikrofluidischen Elemente 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 638, 651 mittels einer kompakten Ansteuerschnittstelle 400. Die Ansteuerschnittstelle 400 umfasst lediglich beispielhaft zwanzig Ansteueranschlüsse 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, welche auch als Ansteuerungs-Ports bezeichnet werden können. Bei den Ansteuerungs-Ports handelt es sich in diesem Ausführungsbeispiel um pneumatische Anschlüsse, über welche eine Aktuation der aktiven mikrofluidischen Elemente 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 638, 651 lediglich beispielhaft durch das Anlegen eines Über- oder Unterdrucks erfolgt. Dadurch wird ein mehrfaches Multiplexing erzielt. In der hier gezeigten Fig. 7 sind die zugehörigen Verzweigungen von pneumatischen Ansteuerkanälen, welche das Multiplexing ermöglichen, in Form von schwarzen Knotenpunkten illustriert. Die Verzweigung der Ansteuerkanäle erfolgt entweder direkt an einem Ansteuerungs-Port oder aber an einem geeigneten Punkt eines Ansteuerkanals.

**[0068]** Somit zeigt Fig. 7 eine schematische Darstellung des Netzwerks 105 einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der mikrofluidischen Analysevorrichtung 100 mit einer linearen Topologie.

**[0069]** Vergleichbar zu den vorherigen Ausführungsbeispielen setzt sich das Netzwerk 105 der weiteren Ausführungsform der mikrofluidischen Analysevorrichtung 100 zusammen aus mikrofluidischen Kanälen, die in schematischer Weise als durchgezogene Linien dargestellt sind, welche unterschiedliche mikrofluidische Elemente miteinander verbinden. Das Netzwerk 105 der mikrofluidischen Analysevorrichtung 100 zeichnet sich in dieser weiteren Ausführungsform insbesondere aus durch

- zweiundzwanzig aktive mikrofluidische Ventile 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 638, 651,

- sechs aktive mikrofluidische Pumpkammern 151, 152, 153, 154, 155, 156,
- eine passive mikrofluidische Kammer 160,
- drei Vorlagerungskammern 161, 162, 163 mit Entlüftungsöffnungen für eine langzeitstabile Vorlagerung von Flüssigreagenzien,
- eine Kammer 167, welche eine Probeneingabe ermöglicht,
- ein Filterelement 170, welches eine Extraktion von Bestandteilen aus einer Flüssigkeit ermöglicht,
- zwei Flüssigkeitsspeicherkammern 180, 680, welche für die Aufnahme von Flüssigkeiten nach einem Prozessieren in dem mikrofluidischen Netzwerk 105 dienen, sowie
- drei Entlüftungsvorrichtungen 191, 192, 193 welche zur Entlüftung des mikrofluidischen Netzwerks 105 dienen.

**[0070]** Die insgesamt achtundzwanzig aktiven mikrofluidischen Elemente 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 638, 651 können in diesem Ausführungsbeispiel durch pneumatische Ansteuerungskanäle kontrolliert werden, welche in Fig. 6 jeweils durch die senkrecht zu den mikrofluidischen Kanälen abzweigenden Striche illustriert sind. Ein genauer Schaltplan dieses vorteilhaften Ausführungsbeispiels der mikrofluidischen Analysevorrichtung 100 inklusive der Ausgestaltung der pneumatischen Ansteuerungskanäle ist in Fig. 7 gegeben.

**[0071]** Wie in den vorherigen Ausführungsvarianten ist die Anordnung und Verknüpfung der benannten Elemente zu dem mikrofluidischen Netzwerk 105 mit einer besonders vorteilhaften, linearen Topologie gewählt. Wie in den Figuren eingezeichnet, setzt sich das mikrofluidische Netzwerk 105 der mikrofluidischen Analysevorrichtung 100 zusammen aus einem ersten Teilnetzwerk 110, welches für die Aufreinigung von Probenmaterial vorgesehen ist, sowie einem zweiten Teilnetzwerk 120, welches für eine Amplifikation von Probenmaterial vorgesehen ist. Die beiden Teilnetzwerke 110, 120 sind über den mikrofluidischen Verbindungskanal 210 miteinander verbunden. Dadurch dass die mikrofluidische Prozessierung im Rahmen der Durchführung eines Testablaufs innerhalb der beiden Teilnetzwerke 110, 120 sukzessive, das heißt nacheinander erfolgt, kann eine Kombination aus aktiven mikrofluidischen Elementen, welche jeweils einem unterschiedlichen Teilnetzwerk 110, 120 angehören, gegebenenfalls durch einen gemeinsamen Ansteuerungskanal angesteuert werden, ohne dass sich daraus ein Nachteil für die mikrofluidische Prozessierung ergibt.

**[0072]** In dem in Fig. 7 skizzierten Schaltplan dieser vorteilhaften Ausführungsform der mikrofluidischen Vorrichtung 100 ist ersichtlich, dass in diesem Ausführungsbeispiel in besonders vorteilhafter Weise für eine Ansteuerung der insgesamt achtundzwanzig aktiven mikrofluidischen Elemente 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 638, 651 lediglich zwanzig pneumatische Ansteuerungs-Ports 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720 eingesetzt werden, wobei dies über insgesamt acht Verzweigungen der pneumatischen Ansteuerungskanäle realisiert werden kann. Die Verzweigungspunkte der pneumatischen Ansteuerungskanäle sind in Fig. 7 jeweils in schematischer Weise durch schwarze, kreisrunde Knotenpunkte an den als gestrichelte Linien eingezeichneten pneumatischen Ansteuerungskanälen illustriert. Somit verdeutlicht dieses Ausführungsbeispiel, dass durch die gewählte erfindungsgemäße Ausgestaltung der mikrofluidischen Vorrichtung 100 und das Multiplexing bei der Ansteuerung der Elemente ein erheblicher Funktionsvorteil bereitgestellt werden kann, da einerseits lediglich eine reduzierte Anzahl an pneumatischen Ansteuerungs-Ports zur Aktuation der mikrofluidischen Elemente benötigt wird und andererseits bedingt durch die lineare Topologie des mikrofluidischen Netzwerks 105 keine nennenswerten Einschränkungen bei der mikrofluidischen Prozessführung in Kauf genommen werden müssen. Somit kann durch die erfindungsgemäße besonders vorteilhafte Ausgestaltung eine verbesserte Funktionalität mit einem verringerten Aufwand für die Ansteuerung der aktiven mikrofluidischen Elemente verknüpft werden. Ferner ermöglicht eine Trennung der Durchführung von Aufreinigung und Amplifikation in den separaten Teilnetzwerken 110, 120 in vorteilhafter Weise eine Reduzierung von Totvolumina, eine Verringerung der Anzahl an Spülschritten sowie eine Unterbindung eines unerwünschten mikrofluidischen Quersprechens zwischen verschiedenen Ablaufschritten.

**[0073]** Durch die in den Figuren 6 und 7 skizzierte vorteilhafte Ausgestaltung der mikrofluidischen Vorrichtung 100 kann ferner eine besonders variable Pumpstrategie bei der Aufreinigung einer Probensubstanz im Zuge einer Extraktion von Bestandteilen der Probensubstanz durch das Filterelement 170 gewählt werden.

**[0074]** Im Vergleich zu der in den Figuren 1 bis 4 skizzierten ersten Ausführungsform sind bei der in den Figuren 6 und 7 gezeigten weiteren Ausführungsform die beiden Pumpkammern 151 und 152 derart in das mikrofluidische Netzwerk 105 integriert, dass diese in Reihe mit dem Filterelement 170 geschaltet sind. Dadurch wird beispielsweise ein verbessertes Pumpen einer Probenflüssigkeit über das Filterelement 170 ermöglicht, indem ein kombiniertes Ausdrücken der Pumpkammer 151 mit einem Ansaugen mit der Pumpkammer 152 erfolgt, so dass eine besonders hohe Druckdifferenz in dem mikrofluidischen System beim Pumpen einer Probenflüssig-

keit über das Filterelement 170 vorliegt. Auf diese Weise können beispielsweise in vorteilhafter Weise besonders hochviskose beziehungsweise zähflüssige Probensubstanzen oder inhomogene Probenflüssigkeiten mit hochviskosen Probenbestandteilen zuverlässig durch das Filterelement 170 gepumpt werden, um beispielsweise eine Extraktion oder Akkumulation von Probenbestandteilen an dem Filterelement 170 zu erzielen.

**[0075]** Ferner ist eine mikrofluidische Abtrennung der ersten Pumpkammer 151 zu den Vorlagerungskammern 161, 162, 163 und der Probeneingabekammer 167 über jeweils zumindest zwei der mikrofluidischen Ventile 131, 132, 133, 134, 651 umgesetzt, sodass intrinsisch eine besonders zuverlässige mikrofluidische Abtrennung dieser Flüssigkeitspfade im Falle einer Druckbeaufschlagung der mikrofluidischen Pumpkammer 151 sichergestellt werden kann.

**[0076]** Ferner sind in der detaillierten Darstellung in Fig. 7 die einzelnen Funktionsmodule 250, 261, 270, 280, 290, 295, 580, welche die Teilnetzwerke 110, 120 der mikrofluidischen Analysevorrichtung 100 bilden, jeweils durch umrahmende rechteckige Kästen eingezeichnet: Im Einzelnen setzt sich das Teilnetzwerk 110 zur Aufreinigung von Probenmaterial zusammen aus

- dem ersten Funktionsmodul 250 zur Bereitstellung von Flüssigreagenzien,
- dem zweiten Funktionsmodul 261 zur Eingabe einer Probensubstanz in die mikrofluidische Vorrichtung 100,
- dem dritten Funktionsmodul 270 zur Herausfilterung von Spezies aus der Probensubstanz,
- zwei vierten Funktionsmodule 280, 580 zur Speicherung von Flüssigkeiten, sowie
- zwei Pumpmodulen 730, 731 zur Herstellung des Flüssigkeitstransports zwischen den unterschiedlichen Funktionsmodulen.

**[0077]** Das Teilnetzwerk 120 zur Amplifikation von Probenmaterial besteht aus

- dem ersten Funktionsmodul 290 zur Amplifikation, und
- dem zweiten Funktionsmodul 295 zur Bereitstellung eines Amplifikationsreaktions-Beads.

**[0078]** Die Figuren 5 bis 7 zeigen in unterschiedlich detaillierter Weise die Anordnung aus den Funktionsmodulen 250, 261, 270, 280, 580 in dem ersten Teilnetzwerk 110 zur Aufreinigung von Probenmaterial und den Funktionsmodulen 290, 295 in dem zweiten Teilnetzwerk 120 zur Amplifikation von Probenmaterial in linearer Topologie in der weiteren Ausführungsform.

**[0079]** Wie oben beschrieben kann in dieser vorteilhaften Ausführungsform durch den Einsatz der zwei Pumpmodule 151, 152, welche beidseitig an das dritte Funktionsmodul 270 zur Herausfilterung von Spezies aus der Probensubstanz angebunden sind, in dem ersten Teilnetzwerk 110 zur Aufreinigung von Probenmaterial ein verbessertes Pumpen einer Probenflüssigkeit über das Filterelement 170 ermöglicht werden.

**[0080]** Beispielsweise wird der Ansteueranschluss 718 zum Anlegen eines ersten Drucks an die erste mikrofluidische Pumpkammer 151 und der Ansteueranschluss 709 zum Anlegen eines zweiten Drucks an die zweite mikrofluidische Pumpkammer 152 verwendet. Somit können die beiden Pumpkammern 151, 152 unabhängig voneinander angesteuert werden.

**[0081]** Der gemeinsamen Ansteueranschluss 703 wird beispielhaft verwendet, um über einen ersten Ansteuerkanal 431 die Ventile 138, 141 des ersten Teilnetzwerks 110 und über einen zweiten Ansteuerkanal 432 das Ventil 148 des zweiten Teilnetzwerks 120 anzusteuern. Entsprechend wird der gemeinsamen Ansteueranschluss 701 sowohl zum Ansteuern des ersten Funktionsmoduls 250 des ersten Teilnetzwerks 110 als auch zum Ansteuern des zweiten Funktionsmoduls 295 des zweiten Teilnetzwerks 120 verwendet.

**[0082]** Der Ventilansteueranschluss 713 wird zum Ansteuern der Absperrventile 144, 145 verwendet.

**[0083]** Fig. 8 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung 100. Die hier dargestellte Vorrichtung 100 entspricht oder ähnelt der in den vorangegangenen Figuren beschriebenen Vorrichtung. Zur Veranschaulichung ist in der hier gezeigten Figur das mikrofluidische Netzwerk 105 in vereinfachter Weise dargestellt. In diesem Ausführungsbeispiel umfasst die mikrofluidische Vorrichtung 100 zwei Teilnetzwerke 110, 120, welche über einen mikrofluidischen Verbindungskanal 125 miteinander verbunden sind, und eine pneumatische Ansteuerschnittstelle 400 mit vier Ansteueranschlüssen 409, 410, 418, 500 bzw. 701, 703, 713, 500. Die Ansteueranschlüsse 409, 410, 418, 500, 701, 703, 713, 500 sind in diesem Ausführungsbeispiel jeweils ausgebildet, um sowohl mikrofluidische Elemente des ersten Teilnetzwerks 110 als auch des zweiten Teilnetzwerks 120 anzusteuern. Durch dieses vierfache Multiplexing sind in vorteilhafter Weise mittels der vier Ansteuerungs-Ports insgesamt acht aktive mikrofluidische Elemente der Vorrichtung 100 ansteuerbar, jeweils vier davon pro Teilnetzwerk 110, 120. Das Multiplexing ist dabei durch ein Verzweigen der Ansteuerkanäle an insgesamt vier Knotenpunkten 409, 418, 441, 505 bzw. 703, 713, 441, 505 erzielt.

**[0084]** Fig. 9 zeigt eine perspektivische Draufsichtdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung 100. Die hier dargestellte Vorrichtung 100 entspricht oder ähnelt der in den vorangegangenen Figuren beschriebenen Vorrichtung. In diesem Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung 100 einen innerhalb der drei Vorlagerungskammern 161, 162, 163 angeord-

neten Reagenzriegel 600 mit drei Kompartimenten auf, in denen jeweils unterschiedliche Flüssigreagenzien langzeitstabil vorlagerbar sind. Entsprechend können die Vorlagerungskammern 161, 162, 163 auch als Reagenzien-Vorlagerungskammern bezeichnet werden. Zudem ist innerhalb der Probeneingabekammer 167 des in den vorangegangenen Figuren 2 bis 4 beschriebenen zweiten Funktionsmoduls lediglich beispielhaft eine Probenahmevorrichtung 605 angeordnet, welche die Überführung einer darauf befindlichen Abstrichprobe in das Netzwerk 105 der mikrofluidischen Vorrichtung 100 erlaubt.

**[0085]** Fig. 10 zeigt eine Draufsichtdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer mikrofluidischen Vorrichtung 100. Die hier dargestellte Vorrichtung 100 entspricht oder ähnelt der in den vorangegangenen Figuren beschriebenen Vorrichtung. In der hier gezeigten Darstellung sind einige der in den vorangegangenen Figuren beschriebenen Elemente der mikrofluidischen Vorrichtung 100 beispielhaft beziffert. Im Einzelnen sind beziffert das mikrofluidische Ventil 146, die mikrofluidischen Pumpkammern 151, 152, 153, 154, 155, 156, die mikrofluidische Kammer 160, die drei Vorlagerungskammern 161, 162, 163, die beiden Probeneingabekammern 167, 168, das mikrofluidische Filterelement 170 sowie die Flüssigkeits-speicher-kammer 180. Ferner sind durch gestrichelte Linien eingezeichnet das erste Teilnetzwerk 110 für die Aufreinigung einer Probensubstanz, das zweite Teilnetzwerk 120 für die Amplifikation von Probenmaterial sowie die pneumatische Ansteuerschnittstelle 400 mit einem beispielhaft bezifferten weiteren Ansteueranschluss 401. Lediglich beispielhaft weist die Vorrichtung eine laterale Gesamtabmessung von  $118 \times 78 \text{ mm}^2$  auf. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Gesamtabmessung  $50 \times 25 \text{ mm}^2$  bis  $300 \times 200 \text{ mm}^2$ , bevorzugt  $75 \times 25 \text{ mm}^2$  bis  $200 \times 100 \text{ mm}^2$ , betragen. In diesem Ausführungsbeispiel weisen die fluidischen und pneumatischen Mikrokanäle zudem ein Querschnittsmaß von lediglich beispielhaft  $600 \times 400 \text{ }\mu\text{m}^2$  auf. In einem anderen Ausführungsbeispiel können die Querschnittsmaße der fluidischen und pneumatischen Mikrokanäle  $100 \times 100 \text{ }\mu\text{m}^2$  bis  $3 \times 3 \text{ mm}^2$ , bevorzugt  $300 \times 300 \text{ }\mu\text{m}^2$  bis  $1 \times 1 \text{ mm}^2$  betragen. Das effektive Verdrängungsvolumen einer mikrofluidischen Pumpkammer beträgt in diesem Ausführungsbeispiel  $20 \text{ }\mu\text{l}$ , das effektive Verdrängungsvolumen eines mikrofluidischen Ventils beträgt lediglich beispielhaft  $125 \text{ nl}$  und das Volumen der mikrofluidischen Kammer mit Filterelement beträgt in diesem Ausführungsbeispiel lediglich beispielhaft  $8 \text{ }\mu\text{l}$ . In anderen Ausführungsbeispielen kann das effektive Verdrängungsvolumen einer mikrofluidischen Pumpkammer  $1 \text{ }\mu\text{l}$  bis  $50 \text{ }\mu\text{l}$ , bevorzugt  $5 \text{ }\mu\text{l}$  bis  $30 \text{ }\mu\text{l}$ , betragen, das effektive Verdrängungsvolumen eines mikrofluidischen Ventils kann  $50 \text{ nl}$  bis  $1 \text{ }\mu\text{l}$ , bevorzugt  $100 \text{ nl}$  bis  $300 \text{ nl}$  betragen und das Volumen der mikrofluidischen Kammer mit Filterelement kann  $3 \text{ }\mu\text{l}$  bis  $20 \text{ }\mu\text{l}$ , bevorzugt  $5 \text{ }\mu\text{l}$  bis  $10 \text{ }\mu\text{l}$ , betragen. Dabei ist für das mikrofluidische Prozessieren innerhalb der Vorrichtung 100 in diesem Ausführungsbeispiel eine Druckdifferenz (Überdruck oder Unterdruck

relativ zum Atmosphärendruck), welche zur Erzeugung des mikrofluidischen Flusses durch Ausdrücken oder Ansaugen mittels einer Pumpkammer oder das Steuern des mikrofluidischen Flusses mittels eines Ventils verwendet wird, von lediglich beispielhaft 700 mbar einsetzbar. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Druckdifferenz 100 mbar bis 2000 mbar, bevorzugt 400 mbar bis 1500 mbar, betragen.

**[0086]** Fig. 11 zeigt eine perspektivische Draufsicht eines Ausschnitts der mikrofluidischen Vorrichtung 100 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die hier dargestellte Vorrichtung 100 entspricht oder ähnelt der in den vorangegangenen Figuren beschriebenen Vorrichtung. In der hier gezeigten Figur sind beispielhaft beziffert das mikrofluidische Ventil 131, die mikrofluidischen Pumpkammern 151, 152, die Probeneingabekammer 168, die mikrofluidische Kammer mit dem Filterelement 170, die Entlüftungsvorrichtung 193 sowie die pneumatischen Ansteuerungs-Ports 405, 409, 410. Die mikrofluidische Vorrichtung 100 ist in diesem Ausführungsbeispiel realisiert durch zwei rigide Polymerbauteile, 800, 805, welche über eine flexible Membran 810 miteinander verbunden sind. Das untere Polymerbauteil 800 ist durch eine weitere Polymerfolie abgeschlossen, um die in dem Polymerbauteil vorliegenden Mikrokanäle abzudichten. Der mehrschichtige Aufbau ermöglicht so insbesondere eine Realisierung von fluidischen und pneumatischen Mikrokanälen auf wenigstens zwei verschiedenen lateralen Ebenen. Auf diese Weise sind fluidische und pneumatische Mikrokanäle kreuzbar und es kann ein besonders hoher Integrationsgrad der mikrofluidischen Vorrichtung 100 mit einer zentralen und besonders kompakten Ausgestaltung der in Figur 4 beschriebenen pneumatischen Ansteuerschnittstelle erreicht werden. Durch ein Anlegen von Über- oder Unterdruck an die pneumatischen Ansteuerungs-Ports ist über die pneumatischen Mikrokanäle die flexible Polymermembran in an den mikrofluidischen Ventilen und Pumpkammern vorliegenden Ausnehmungen auslenkbar, um so das Öffnen oder Schließen eines mikrofluidischen Ventils beziehungsweise einer Pumpkammer zu erzielen. Durch ein Ansaugen oder Ausstoßen von Flüssigkeit mittels einer Pumpkammer ist bei einer geeigneten Ventilstellung der mikrofluidische Fluss innerhalb des Netzwerks 105 präzise kontrollierbar. In anderen Ausführungsbeispielen können beispielsweise folgende Materialien für die Realisierung der mikrofluidischen Analysevorrichtung verwendet werden: Vornehmlich Polymere wie Polycarbonat (PC), Polystyrol (PS), Styrol-Acrylnitril-Copolymer (SAN), Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Cycloolefin-Copolymer (COP, COC), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polydimethylsiloxan (PDMS) oder thermoplastische Elastomere (TPE) wie Polyurethan (TPU) oder Styrol-Blockcopolymer (TPS). Dabei kann die Vorrichtung beispielsweise durch Serienfertungsverfahren wie Spritzgießen, Spritzprägen, Thermoformen, Stanzen oder Laserdurchstrahl-Schweißen gefertigt werden.

**[0087]** Fig. 12 zeigt eine perspektivische Unteransicht

eines Ausschnitts der mikrofluidischen Vorrichtung 100 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die hier dargestellte Vorrichtung 100 entspricht oder ähnelt der in den vorangegangenen Figuren beschriebenen Vorrichtung. In der hier gezeigten Figur sind beispielhaft beziffert das mikrofluidische Ventil 131, die mikrofluidischen Pumpkammern 151, 152, die Probeneingabekammern 167, 168, die mikrofluidische Kammer mit dem Filterelement 170, die Entlüftungsvorrichtung 193 sowie der pneumatische Ansteuerungs-Port 405.

**[0088]** Fig. 13 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 1000 zum Betreiben einer mikrofluidischen Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel. Bei der mit dem Verfahren betriebenen Vorrichtung kann es sich um die in den vorangegangenen Figuren beschriebene Vorrichtung handeln. Das Verfahren 1000 umfasst einen Schritt 1005 des Extrahierens von Probenmaterial unter Verwendung des ersten Teilnetzwerks. Dabei wird lediglich beispielhaft eine Probensubstanz in dem Teilnetzwerk aufgereinigt und Probenmaterial wie beispielsweise DNA oder RNA wird aus der Probensubstanz extrahiert und in das mikrofluidische Netzwerk überführt. Es folgt optional ein Schritt 1010 des Transferierens von Probenmaterial vom ersten Teilnetzwerk in das zweite Teilnetzwerk, wobei eine Lösung mit zuvor extrahiertem Probenmaterial von dem ersten Teilnetzwerk in das zweite Teilnetzwerk transferiert wird. Im optional folgenden Schritt 1015 des Amplifizierens von Probenmaterial unter Verwendung des zweiten Teilnetzwerks wird Probenmaterial in dem zweiten Teilnetzwerk amplifiziert und damit für einen beispielsweise fluorometrischen Nachweis zugänglich gemacht. In einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens 1000 kann der Schritt 1005 des Extrahierens oder die Schritte 1010, 1015 des Transferierens und des Amplifizierens entfallen. Der erste Schritt 1005 des Extrahierens kann beispielsweise entfallen, sofern die nachzuweisenden Spezies bereits in extrahierter Form in einer eingegebenen Probenflüssigkeit vorliegen. Der zweite Schritt 1010 des Transferierens und der dritte Schritt 1015 des Amplifizierens können beispielsweise weggelassen, falls lediglich eine Aufreinigung beziehungsweise Extraktion von Probenmaterial in der Vorrichtung durchgeführt wird und das Probenmaterial beispielsweise nach dem Durchführen des ersten Schritts 1005 des Extrahierens wieder aus der mikrofluidischen Vorrichtung entnommen wird.

**[0089]** Fig. 14 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 1000 zum Betreiben einer mikrofluidischen Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das hier dargestellte Verfahren 1000 entspricht oder ähnelt dem in der vorangegangenen Figur 13 beschriebenen Verfahren, mit dem Unterschied, dass die einzelnen Schritte 1005, 1010, 1015 zusätzliche Teilschritte aufweisen. In diesem Ausführungsbeispiel umfasst der Schritt 1005 des Extrahierens einen Teilschritt 1105 des Vermischens und einen Teilschritt 1110 des Herablösens und einen Teilschritt 1115 des Lysierens und einen Teilschritt 1120 des Filterns und einen Teilschritt 1125 des Spülens. Der

Schritt 1010 des Transferierens umfasst in diesem Ausführungsbeispiel einen Teilschritt 1130 des Eluierens und der Schritt 1015 des Amplifizierens umfasst einen Teilschritt 1135 des Lösens und einen Teilschritt 1140 des Vervielfältigens und einen Teilschritt 1145 des Erfassens. Im Teilschritt 1105 des Vermischens erfolgt lediglich beispielhaft ein Vermischen einer in die Probeneingabekammer eingegebenen Flüssigprobe mit einem Bindepuffer. Das Vermischen wird insbesondere durchgeführt unter Verwendung des ersten Funktionsmoduls, des zusätzlichen zweiten Funktionsmoduls, des Pumpmoduls und einer Mehrzahl der nachfolgend genannten Elemente: mikrofluidische Ventile, mikrofluidische Pumpkammern, einer Probeneingabekammer und einer Entlüftungsvorrichtung. Der Bindepuffer ist in diesem Ausführungsbeispiel in genau einer der drei Vorlagerungskammern des ersten Teilnetzwerks vorgelagert. Die angrenzenden Funktionsmodule umfassen in diesem Ausführungsbeispiel mikrofluidische Ventile, welche in diesem Teilschritt 1105 geschlossen sind, sodass ein unerwünschtes mikrofluidisches Quersprechen mit den angrenzenden Funktionsmodulen unterbunden wird.

**[0090]** Im Teilschritt 1110 des Herablösens erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel innerhalb der Probeneingabekammer ein Herablösen von Probenmaterial, welches initial an einer in die Probeneingabekammer eingegebenen Probennahmeverrichtung angebunden vorliegt. Das Herablösen erfolgt lediglich beispielhaft mittels einer Transferflüssigkeit, welche in die Kammer eingebracht wird, insbesondere unter Verwendung des ersten und zweiten Funktionsmoduls und des Pumpmoduls und einer Mehrzahl der nachfolgend genannten Elemente: mikrofluidische Ventile, mikrofluidische Pumpkammern, Vorlagerungskammern, einer Probeneingabekammer und einer Entlüftungsvorrichtung. Die Transferflüssigkeit ist lediglich beispielhaft in genau einer der Vorlagerungskammern vorgelagert. Die angrenzenden Funktionsmodule umfassen insbesondere mikrofluidische Ventile, welche in diesem Teilschritt 1110 geschlossen sind, sodass ein unerwünschtes mikrofluidisches Quersprechen mit den angrenzenden Funktionsmodulen unterbunden wird.

**[0091]** Im Teilschritt 1115 des Lysierens erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel eine Zugabe von Lyse-Puffer zu einer in wenigstens eine der Probeneingabekammern eingegebenen Probensubstanz und es erfolgt ein Temperieren der Probensubstanz oder Bestandteilen davon, um eine thermisch induzierte Lyse von Bestandteilen der Probensubstanz zu bewirken. Bei den in diesem Teilschritt 1115 zu lysierenden Bestandteilen der Probensubstanz handelt es sich lediglich beispielhaft um Bakterien. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann es sich beispielsweise um andere Zellen handeln. Das Lysieren wird durchgeführt insbesondere unter Verwendung des ersten, zweiten und zusätzlichen zweiten Funktionsmoduls und des Pumpmoduls sowie einer Mehrzahl der nachfolgend genannten Elemente: mikrofluidische Ven-

tile, mikrofluidische Pumpkammern, Vorlagerungskammern, einer Probeneingabekammer und einer Entlüftungsvorrichtung. Der Lyse-Puffer ist lediglich beispielhaft in genau einer der Vorlagerungskammern vorgelagert. Die angrenzenden Funktionsmodule umfassen insbesondere mikrofluidische Ventile, welche in diesem Teilschritt 1115 geschlossen sind, sodass ein unerwünschtes mikrofluidisches Quersprechen mit den angrenzenden Funktionsmodulen unterbunden wird. In einem alternativen Ausführungsbeispiel des Teilschritts 1115 des Lysierens kann eine thermisch induzierte Lyse von Bestandteilen der Probensubstanz durch Temperieren des Filterelements erfolgen, nachdem die Bestandteile der Probensubstanz im Teilschritt 1120 des Filterns auf dem Filterelement angereichert worden sind.

**[0092]** Im Teilschritt 1120 des Filterns erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel ein Filtern und Anbinden von Bestandteilen der in wenigstens eine der Probeneingabekammern eingegebenen Probensubstanz unter Verwendung des Filterelements, sodass die Bestandteile der Probensubstanz auf dem Filterelement angereichert werden. Das Filtern wird durchgeführt insbesondere unter Verwendung des dritten, vierten, zweiten oder zusätzlichen zweiten Funktionsmoduls und des Pumpmoduls bzw. der Pumpmodule sowie einer Mehrzahl der nachfolgend genannten Elemente: mikrofluidische Ventile, mikrofluidische Pumpkammern, einer Probeneingabekammer, dem Filterelement, der Flüssigkeitsspeicherkammer sowie Entlüftungsvorrichtungen. Die angrenzenden Funktionsmodule umfassen insbesondere mikrofluidische Ventile, welche in diesem Teilschritt 1120 geschlossen sind, sodass ein unerwünschtes mikrofluidisches Quersprechen mit den angrenzenden Funktionsmodulen in diesem Teilschritt unterbunden wird. Beispielsweise wird dabei ein Bindepuffer mit Probenmaterial aus einer der Probeneingabekammern mittels des Pumpmoduls über das Filterelement in die Flüssigkeitsspeicherkammer gepumpt, wobei Bestandteile des Probenmaterials wie beispielsweise DNA oder RNA an dem Filterelement angebunden und konzentriert werden. Der Teilschritt 1120 des Filterns erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel nach einer Durchführung des Teilschritts 1105 des Vermischens, des Teilschritts 1110 des Herablösens und des Teilschritts 1115 des Lysierens. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann der Teilschritt 1120 des Filterns, abhängig von der genauen Ausführungsform des Verfahrens, vor oder nach dem Teilschritt des Lysierens erfolgen: Falls die Lyse in einer der Probeneingabekammern erfolgt, kann der Teilschritt des Filterns nach dem Teilschritt des Lysierens ausgeführt werden. Erfolgt die Lyse hingegen auf dem Filterelement, kann der Teilschritt des Filterns vor dem Teilschritt 1115 des Lysierens ausgeführt werden.

**[0093]** Im Teilschritt 1125 des Spülens erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel ein Spülen des mikrofluidischen Netzwerks mit einem Wasch-Puffer, beispielsweise um Reste des Bindepuffers, welche nach dem Teilschritt 1120 des Filterns in dem mikrofluidischen Netz-

werk vorliegen, zu beseitigen. Das Spülen wird durchgeführt insbesondere unter Verwendung des ersten, dritten und vierten Funktionsmoduls und des Pumpmoduls sowie einer Mehrzahl der nachfolgend genannten Elemente: mikrofluidische Ventile, mikrofluidische Pumpkammern, Vorlagerungskammern, der Flüssigkeitsspeicherkammer sowie einer Entlüftungsvorrichtung. Lediglich beispielhaft ist der Wasch-Puffer in genau einer der Vorlagerungskammern vorgelagert.

**[0094]** Im Teilschritt 1130 des Eluierens wird in diesem Ausführungsbeispiel an dem Filterelement vorliegendes Probenmaterial heruntergelöst, um dieses für einen molekular diagnostischen Nachweis mittels einer Amplifikationsreaktion zugänglich zu machen. Lediglich beispielhaft handelt es sich bei dem Probenmaterial um DNA. In einem anderen Beispiel kann es sich auch um beispielsweise RNA handeln. Dazu wird lediglich beispielhaft ein Elutions-Puffer über das Filterelement gepumpt, um an dem Filterelement vorliegendes Probenmaterial in den Elutions-Puffer zu überführen. Im Zusammenhang mit der Elution erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel auch ein Überführen des Elutions-Puffers mit Probenmaterial von dem ersten Teilnetzwerk in das zweite Teilnetzwerk über den mikrofluidischen Verbindungskanal. Das Eluieren wird durchgeführt insbesondere unter Verwendung des ersten, dritten und vierten Funktionsmoduls des ersten Teilnetzwerks und des ersten Funktionsmoduls des zweiten Teilnetzwerks und des Pumpmoduls sowie einer Mehrzahl der nachfolgend genannten Elemente: mikrofluidische Ventile, mikrofluidische Pumpkammern, mikrofluidischer Verbindungskanal, Vorlagerungskammern, Flüssigkeitsspeicherkammer sowie Entlüftungsvorrichtung. Der Elutions-Puffer ist lediglich beispielhaft in genau einer der Vorlagerungskammern vorgelagert.

**[0095]** Im Teilschritt 1135 des Lösens wird in diesem Ausführungsbeispiel der Elutions-Puffer mit dem enthaltenen Probenmaterial eingesetzt, um eine gefriergetrocknete beziehungsweise lyophilisierte Reagenz, welche auch als Reaktions-Bead bezeichnet werden kann, in Lösung zu bringen und auf diese Weise einen Reaktions-Mix für eine darauffolgende Amplifikationsreaktion bereitzustellen. Lediglich beispielhaft handelt es sich dabei um einen Master-Mix für die Durchführung einer Polymerase-Kettenreaktion. Das Lösen wird durchgeführt insbesondere unter Verwendung des ersten und zweiten Funktionsmoduls des zweiten Teilnetzwerks sowie einer Mehrzahl der nachfolgend genannten Elemente: mikrofluidische Ventile, mikrofluidische Pumpkammern, mikrofluidische Kammer sowie Entlüftungsvorrichtung. Die gefriergetrocknete beziehungsweise lyophilisierte Reagenz beziehungsweise das Reaktions-Bead liegt in diesem Ausführungsbeispiel in einer Pumpkammer oder der passiven mikrofluidischen Kammer vor. Das Pumpen des Elutions-Puffers mit Probenmaterial in zumindest eines der Elemente zum Lösen des Reaktions-Beads erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel unter Einsatz von Pumpkammern. Nach dem Lösen des Reak-

tions-Beads wird lediglich beispielhaft der daraus resultierende Reaktionsmix von dem zweiten Funktionsmodul des zweiten Teilnetzwerks in das erste Funktionsmodul des zweiten Teilnetzwerks transferiert.

**[0096]** Im Teilschritt 1140 des Vervielfältigens wird in diesem Ausführungsbeispiel wenigstens eine Amplifikationsreaktion durchgeführt, um Probenmaterial, welches in dem Reaktions-Mix vorliegt, zu amplifizieren. Das Vervielfältigen wird durchgeführt insbesondere unter Verwendung des ersten Funktionsmoduls des zweiten Teilnetzwerks sowie einer Mehrzahl der nachfolgend genannten Elemente: mikrofluidische Ventile, mikrofluidische Pumpkammern. Das Vervielfältigen erfolgt lediglich beispielhaft durch eine Polymerase-Kettenreaktion. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann das Vervielfältigen auch durch eine isothermale Amplifikationsmethode erfolgen. Im Rahmen des Teilschritts des Vervielfältigens kann somit auch ein Temperieren der mikrofluidischen Pumpkammern erfolgen, in denen der Reaktions-Mix vorliegt, um geeignete physikalische Bedingungen zu schaffen, welche ein Ablaufen der Amplifikationsreaktion ermöglichen.

**[0097]** Im Teilschritt 1145 des Erfassens wird in diesem Ausführungsbeispiel ein Signal erfasst, um das Ablaufen von wenigstens einer Amplifikationsreaktion im Rahmen des Teilschritts 1140 des Vervielfältigens nachzuweisen. Bei dem Signal handelt es sich lediglich beispielhaft um ein optisches Signal, beispielsweise um ein Fluoreszenzsignal, welches von wenigstens einem Fluoreszenzfarbstoff ausgeht, der das Ablaufen wenigstens einer Amplifikationsreaktion anzeigt. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann der Teilschritt 1145 des Erfassens zeitgleich mit dem Teilschritt 1140 des Vervielfältigens oder nach dem Teilschritt 1140 des Vervielfältigens erfolgen. Optional erfolgt im Teilschritt 1145 des Erfassens auch eine Ausgabe des Signals oder einer daraus abgeleiteten Größe, um das Resultat der in der mikrofluidischen Analysevorrichtung durchgeführten Probenanalyse einem Anwender auszugeben.

**[0098]** In weiteren Ausführungsformen des Verfahrens können einzelne Teilschritte ausgelassen oder wiederholt ausgeführt werden oder in der Reihenfolge mit anderen Teilschritten vertauscht werden wie in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen beispielhaft beschrieben wird.

**[0099]** Fig. 15 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 1000 zum Betreiben einer mikrofluidischen Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das hier dargestellte Verfahren 1000 entspricht oder ähnelt dem in den vorangegangenen Figuren 13 und 14 beschriebenen Verfahren. In dieser Variante des Verfahrens 1000 erfolgt eine sukzessive Durchführung der Teilschritte 1105 des Vermischens, 1115 des Lysierens, 1120 des Filterns, 1125 des Spülens, 1130 des Eluierens, 1135 des Lösens, 1140 des Vervielfältigens sowie 1145 des Erfassens.

**[0100]** Fig. 16 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 1000 zum Betreiben einer mikrofluidischen Vorrich-

tung gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das hier dargestellte Verfahren 1000 entspricht oder ähnelt dem in den vorangegangenen Figuren 13, 14 und 15 beschriebenen Verfahren. In dieser Variante des Verfahrens 1000 erfolgt eine sukzessive Durchführung der Teilschritte 1110 des Herablösens, 1120 des Filterns, 1115 des Lysierens, 1125 des Spülens, 1130 des Eluierens, 1135 des Lösens, 1140 des Vervielfältigens sowie 1145 des Erfassens.

**[0101]** Fig. 17 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Analysegeräts 1400 zum Aufnehmen einer mikrofluidischen Vorrichtung. Das Analysegerät 1400 ist lediglich beispielhaft ausgebildet, um mittels einer Eingabeöffnung 1405 eine mikrofluidische Vorrichtung, wie sie in den vorangegangenen Figuren 1 bis 12 beschrieben wurde, aufzunehmen, um Analyseprozesse innerhalb der Vorrichtung durchzuführen. Dabei umfasst das Analysegerät 1400 in diesem Ausführungsbeispiel ein Steuergerät 1410, das ausgebildet ist, um die Schritte des in den vorangegangenen Figuren 13 bis 16 beschriebenen Verfahrens in Bezug auf die Vorrichtung zu steuern.

## Patentansprüche

1. Mikrofluidische Vorrichtung (100) zum Analysieren von Probenmaterial, wobei die Vorrichtung (100) ein mikrofluidisches Netzwerk (105) mit einem ersten Teilnetzwerk (110) zum Aufreinigen von Probenmaterial umfasst,

wobei das erste Teilnetzwerk (110) ein erstes Funktionsmodul (250) zum Bereitstellen von Flüssigkeitsreagenzien, ein zweites Funktionsmodul (261) zum Eingeben einer Probensubstanz, ein drittes Funktionsmodul (270) zum Filtern von Probenmaterial, ein viertes Funktionsmodul (280) zum Speichern einer Flüssigkeit und eine erste mikrofluidische Pumpkammer (151) sowie eine zweite mikrofluidische Pumpkammer (152) zum Herstellen eines Fluidtransports umfasst,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die erste mikrofluidische Pumpkammer (151) und die zweite mikrofluidische Pumpkammer (152) in Reihe zu dem dritten Funktionsmodul (270) zum Filtern von Probenmaterial geschaltet sind.

2. Mikrofluidische Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 1, mit einem durch einen Verbindungskanal (125) mit dem ersten Teilnetzwerk (110) verbundenen zweiten Teilnetzwerks (120) zum Amplifizieren von Probenmaterial, wobei das erste Teilnetzwerk (110) und das zweite Teilnetzwerk (120) voneinander abtrennbar sind, wobei das zweite Teilnetzwerk (120) mindestens ein erstes Funktionsmodul (290) zum Amplifi-

zieren von Probenmaterial und ein zweites Funktionsmodul (295) zum Lösen wenigstens eines Amplifikationsreaktions-Beads umfasst.

3. Mikrofluidische Vorrichtung (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das erste Teilnetzwerk (110) und das zweite Teilnetzwerk (120) in einer linearen Topologie angeordnet sind.
4. Mikrofluidische Vorrichtung (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Vorrichtung (100) einen Ansteueranschluss (718) zum Anlegen eines ersten Drucks an die erste mikrofluidische Pumpkammer (151) und einen Ansteueranschluss (709) zum Anlegen eines zweiten Drucks an die zweite mikrofluidische Pumpkammer (152) aufweist, um durch ein Ausdrücken der ersten mikrofluidischen Pumpkammer (151) und ein Ansaugen mit der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer (152) eine Druckdifferenz an dem dritten Funktionsmodul (270) zum Filtern von Probenmaterial zu bewirken.
5. Mikrofluidische Vorrichtung (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei ein erster Anschluss der ersten mikrofluidischen Pumpkammer (151) mit dem ersten Funktionsmodul (250) zum Bereitstellen von Flüssigkeitsreagenzien sowie dem zweiten Funktionsmodul (261) zum Eingeben einer Probensubstanz verbunden ist, ein zweiter Anschluss der ersten mikrofluidischen Pumpkammer (151) mit einem ersten Anschluss des dritten Funktionsmoduls (270) zum Filtern von Probenmaterial, ein erster Anschluss der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer (152) mit dem zweiten Funktionsmodul (261) zum Eingeben einer Probensubstanz und ein zweiter Anschluss der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer (152) mit einem zweiten Anschluss des dritten Funktionsmoduls (270) zum Filtern von Probenmaterial verbunden ist.
6. Mikrofluidische Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 5, wobei das dritte Funktionsmodul (270) ein Filterelement (170) umfasst, das abtrennbar mit dem ersten Anschluss des dritten Funktionsmoduls (270) und abtrennbar mit dem zweiten Anschluss des dritten Funktionsmoduls (270) verbunden ist, sowie zumindest ein mikrofluidisches Ventil (139, 140') umfasst, das zwischen den ersten und den zweiten Anschluss des dritten Funktionsmoduls (270) geschaltet ist.
7. Mikrofluidische Vorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 5 bis 6, wobei das zweite Funktionsmodul (261) eine Probeneingabekammer (167) zum Eingeben einer Probensubstanz umfasst, wobei die Probeneingabekammer (167) abtrennbar mit einem ersten Anschluss des zweiten Funktionsmo-

- duls (261) und abtrennbar mit einem zweiten Anschluss des zweiten Funktionsmoduls (261) verbunden ist, wobei der erste Anschluss der ersten mikrofluidischen Pumpkammer (151) mit dem ersten Anschluss des zweiten Funktionsmoduls (261) und der erste Anschluss der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer (152) mit dem zweiten Anschluss des zweiten Funktionsmoduls (261) verbunden ist. 5
8. Mikrofluidische Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 2, wobei die Vorrichtung (100) einen gemeinsamen Ansteueranschluss (703) zum Anlegen eines Drucks aufweist, wobei der gemeinsame Ansteueranschluss (703) durch einen ersten Ansteuerkanal (431) mit einem Element eines Funktionsmoduls (250, 261, 270, 280, 580) des ersten Teilnetzwerks (110) und durch einen zweiten Ansteuerkanal (432) mit einem Element eines Funktionsmoduls (290, 295) des zweiten Teilnetzwerks (120) verbunden ist. 10
9. Mikrofluidische Vorrichtung (100) Anspruch 2, wobei das erste Teilnetzwerk (110) ein erstes Absperrventil (144) zum Schließen des Verbindungskanals (125) und/oder das zweite Teilnetzwerk (120) ein zweites Absperrventil (145) zum Schließen des Verbindungskanals (125) aufweist. 15
10. Mikrofluidische Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 9, mit einem Ventilansteueranschluss (713) zum Anlegen eines Drucks, wobei das erste Absperrventil (144) und das zweite Absperrventil (145) mittels des Ventilansteueranschlusses (713) steuerbar sind. 20
11. Mikrofluidische Vorrichtung (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das vierte Funktionsmodul (280) des ersten Teilnetzwerks (110) ausgebildet ist, um eine Flüssigkeit mit Probenmaterial auszugeben. 25
12. Mikrofluidische Vorrichtung (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das erste Teilnetzwerk (110) ein zusätzliches viertes Funktionsmodul (580) zum Speichern einer Flüssigkeit aufweist, wobei die erste mikrofluidische Pumpkammer (151) parallel zu dem zusätzlichen vierten Funktionsmodul (580) geschaltet ist. 30
13. Verfahren (1000) zum Betreiben einer mikrofluidischen Vorrichtung (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Verfahren (1000) folgende Schritte (1005, 1010, 1015) umfasst: 35
- Extrahieren (1005) von Probenmaterial unter Verwendung des ersten Teilnetzwerks (110);  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt (1005) des Extrahierens einen Teilschritt (1120) des Filterns umfasst, in dem durch kombiniertes Ausdrücken der ersten mikrofluidi- 40
- schen Pumpkammer (151) und Ansaugen mit der zweiten mikrofluidischen Pumpkammer (152) eine Druckdifferenz an dem dritten Funktionsmodul (270) generiert wird, um das Filtern von Probenmaterial zu bewirken. 45
14. Verfahren (1000) gemäß Anspruch 13, mit einem Schritt des Transferierens (1010) von Probenmaterial vom ersten Teilnetzwerk (110) in das zweite Teilnetzwerk (120) und einem Schritt des Amplifizierens (1015) von Probenmaterial unter Verwendung des zweiten Teilnetzwerks (120). 50
15. Verfahren gemäß Anspruch 14, wobei der Schritt (1005) des Extrahierens einen Teilschritt (1105) des Vermischens und/oder einen Teilschritt (1110) des Herablösens und/oder einen Teilschritt (1115) des Lysierens und/oder einen Teilschritt (1125) des Spülens aufweist und/oder wobei der Schritt (1010) des Transferierens einen Teilschritt (1130) des Eluierens aufweist und/oder wobei der Schritt (1015) des Amplifizierens einen Teilschritt (1135) des Lösens und/oder einen Teilschritt (1140) des Vervielfältigens und/oder einen Teilschritt (1145) des Erfassens aufweist. 55

**Fig. 1**

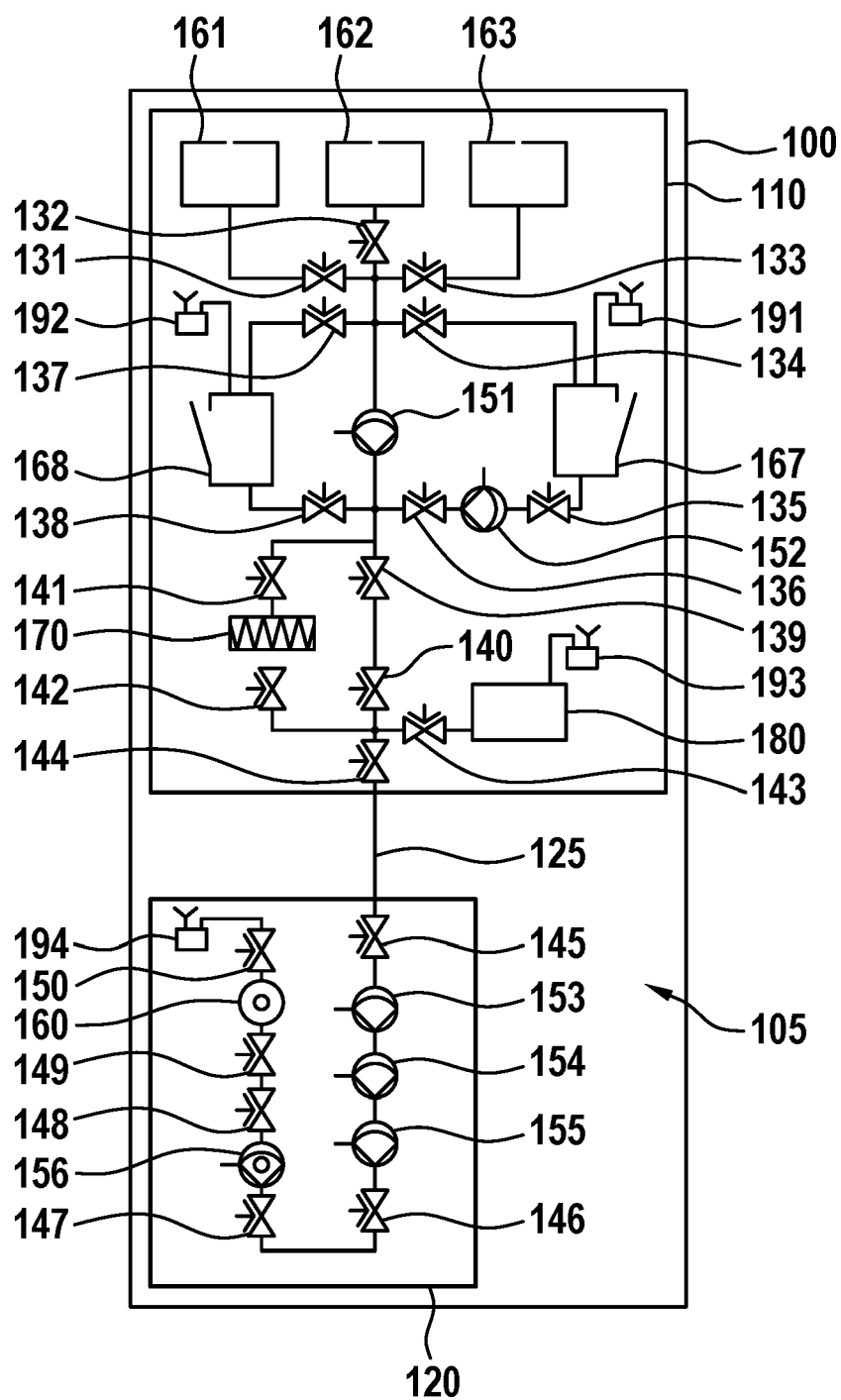


Fig. 2

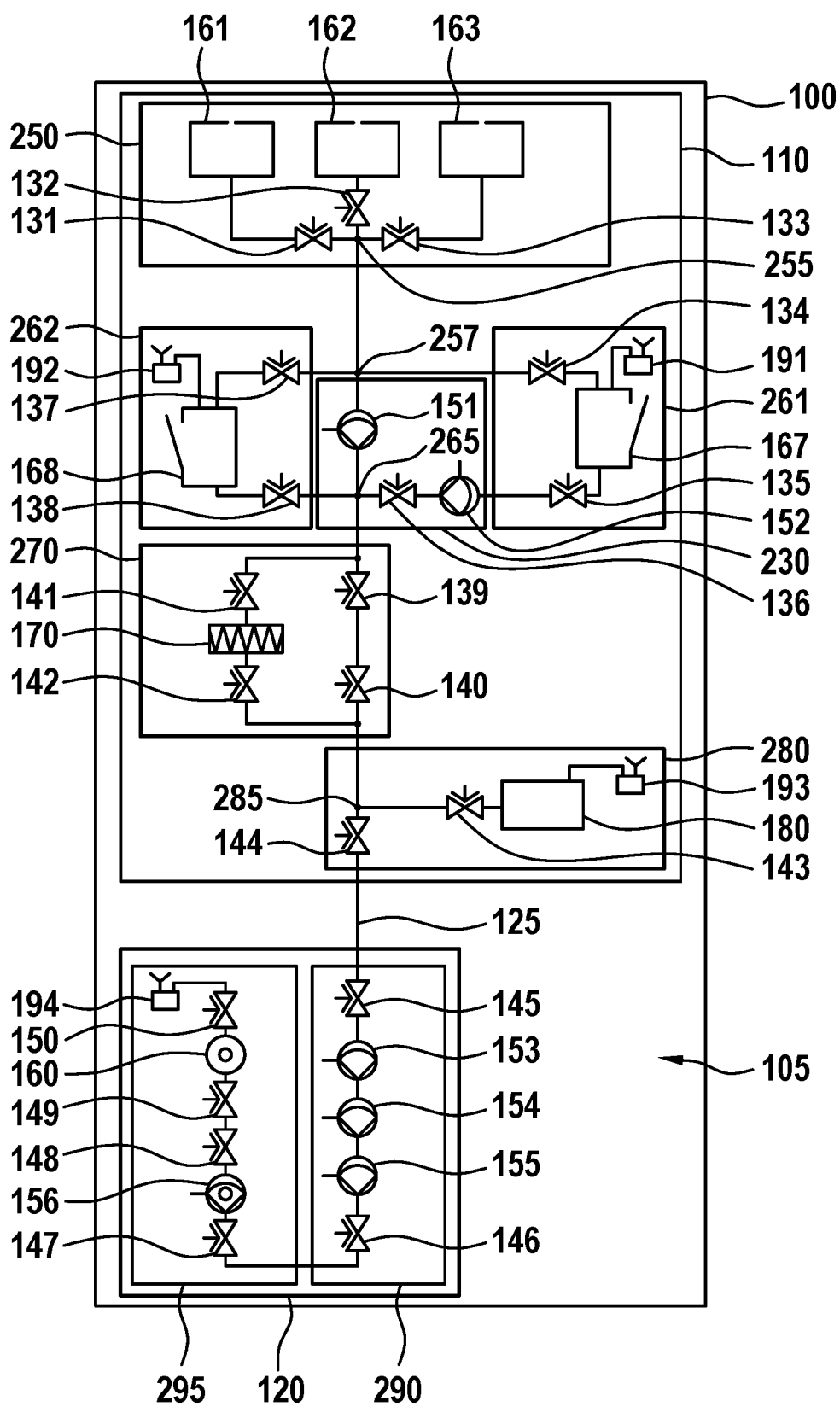


Fig. 3

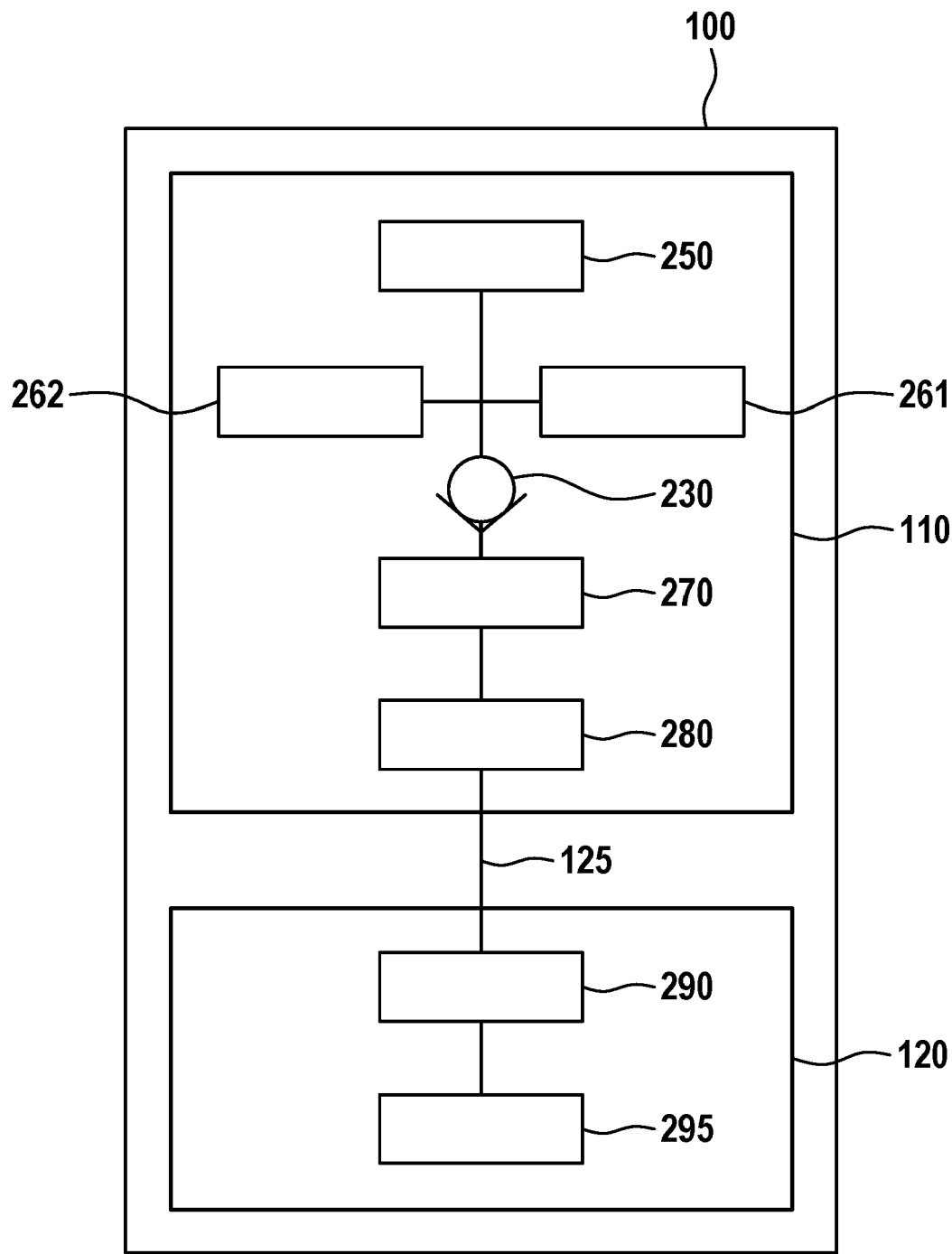


Fig. 4

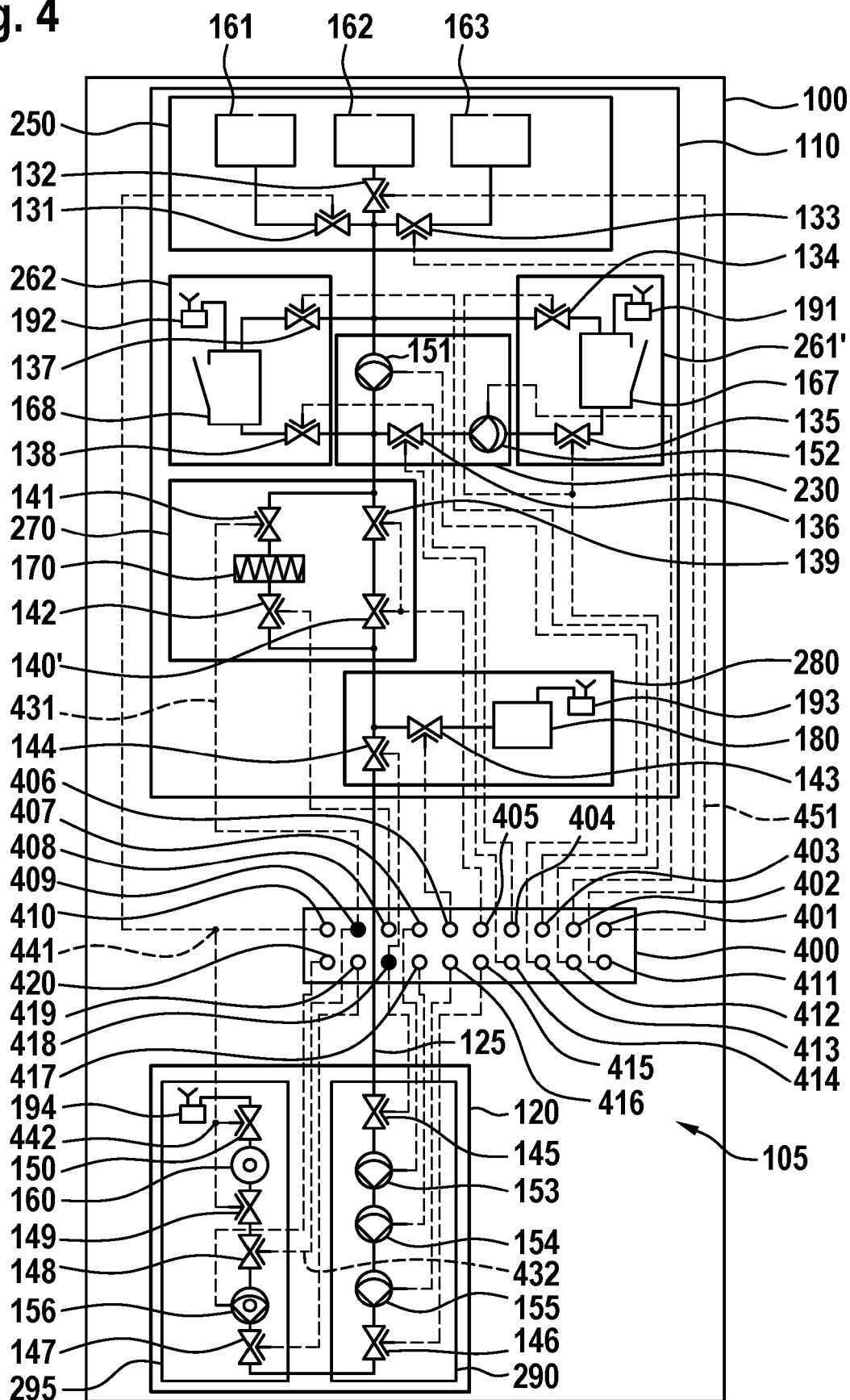


Fig. 5

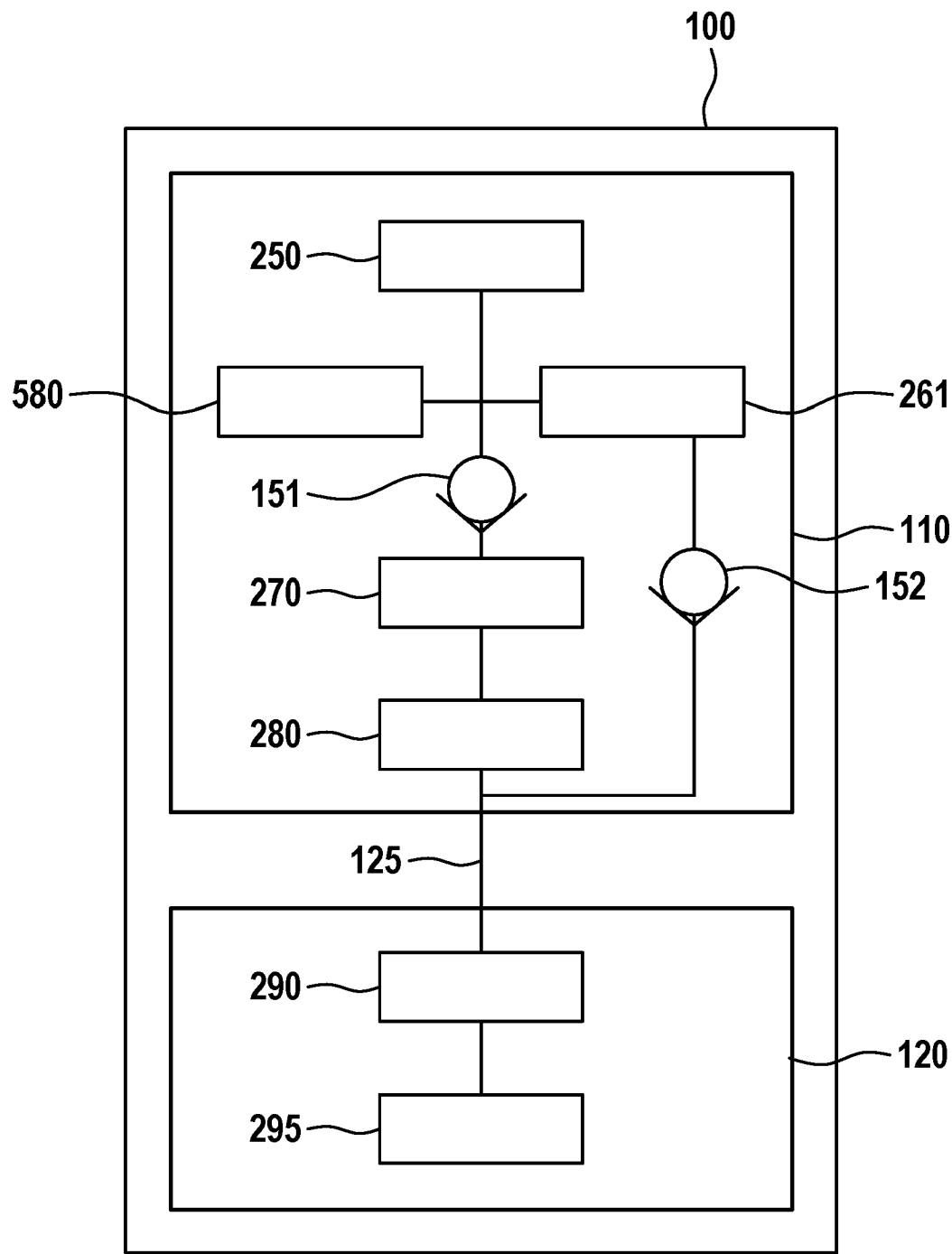


Fig. 6

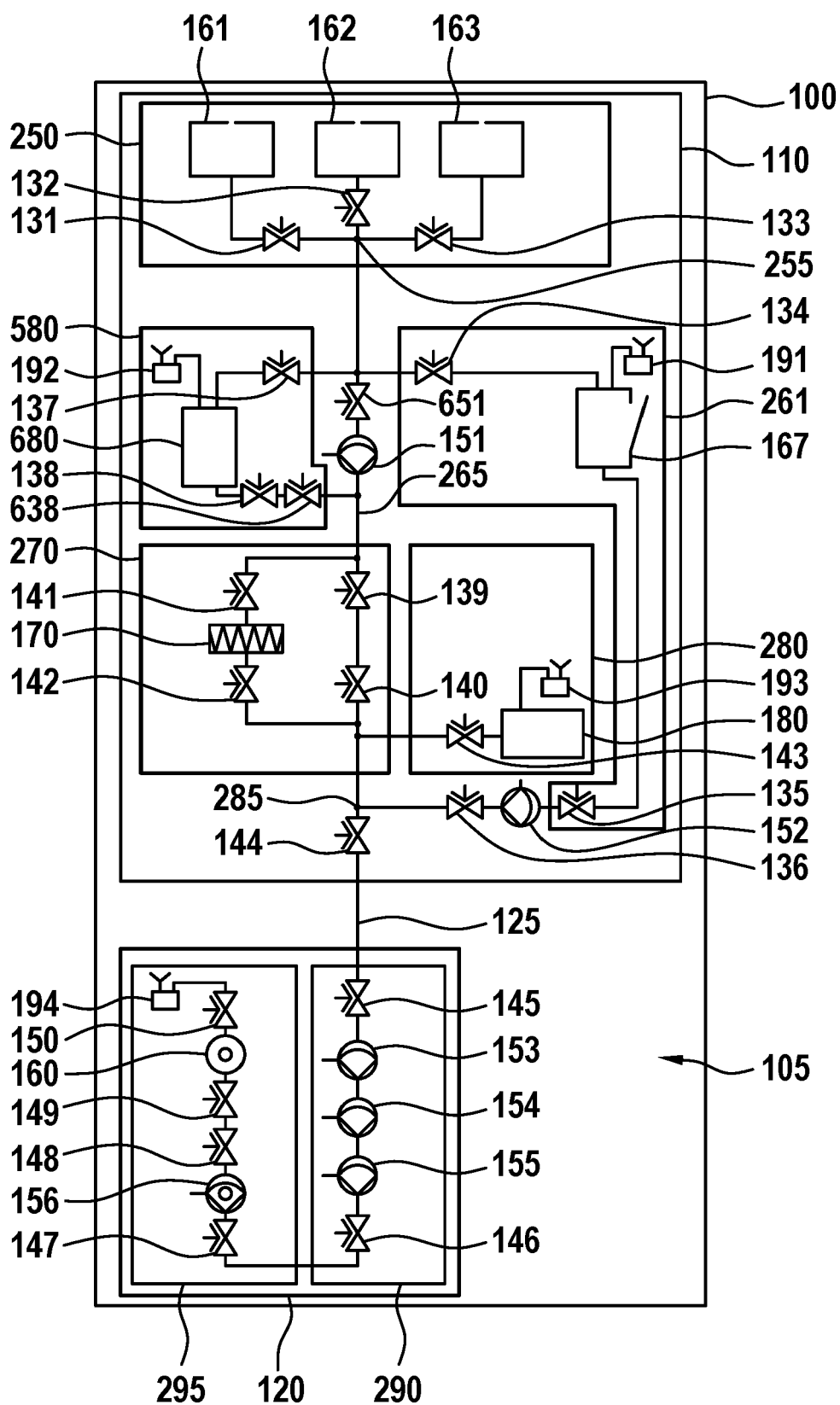


Fig. 7

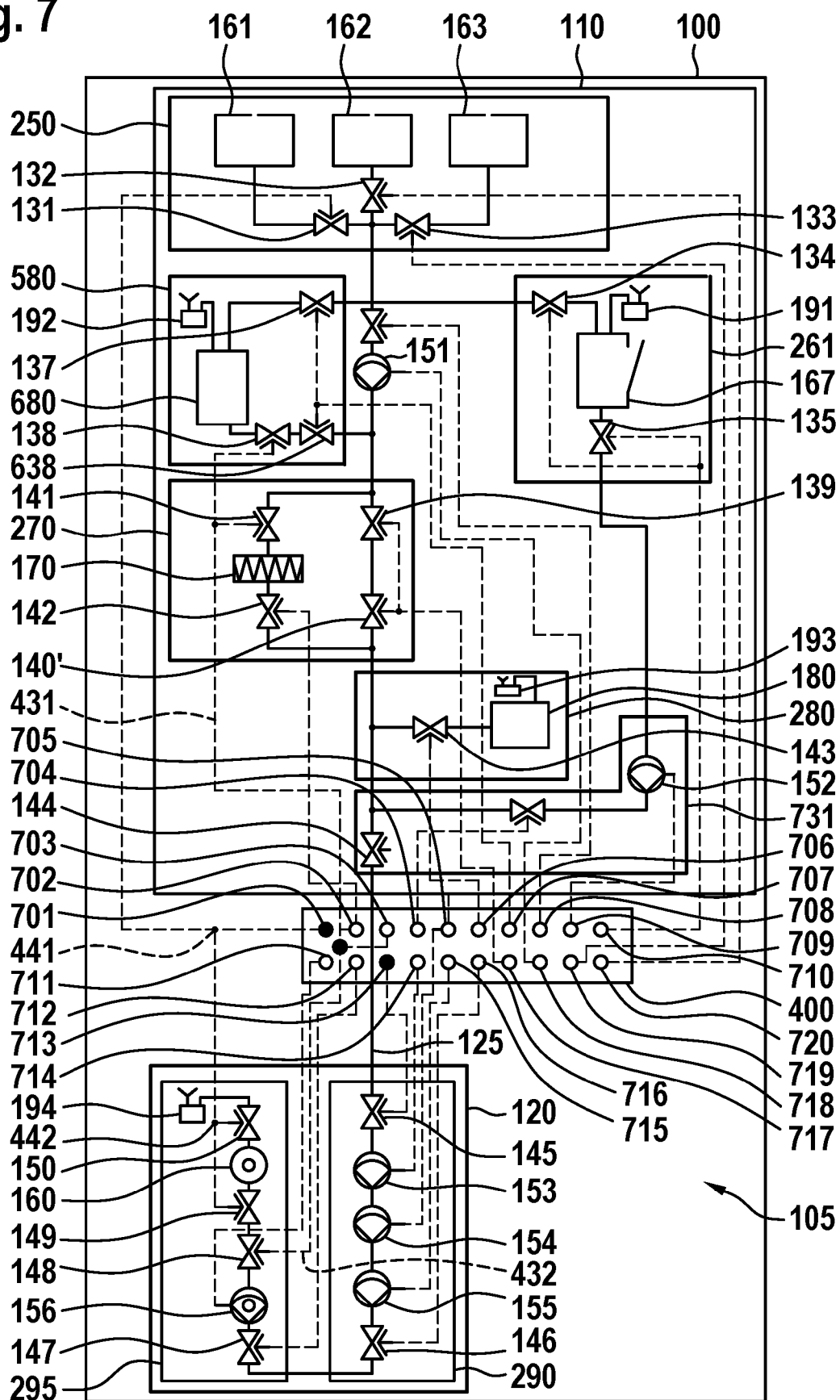


Fig. 8

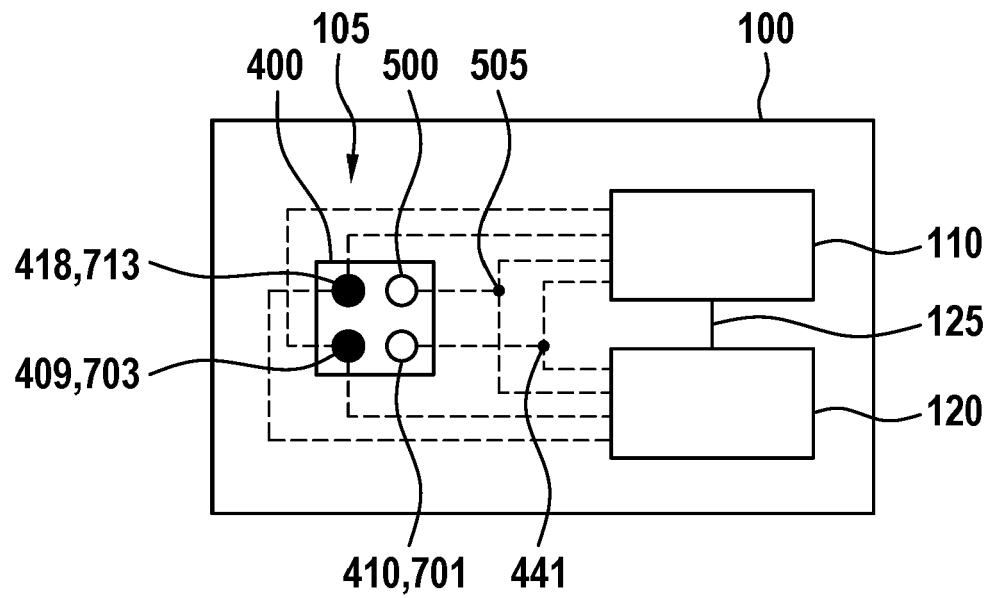
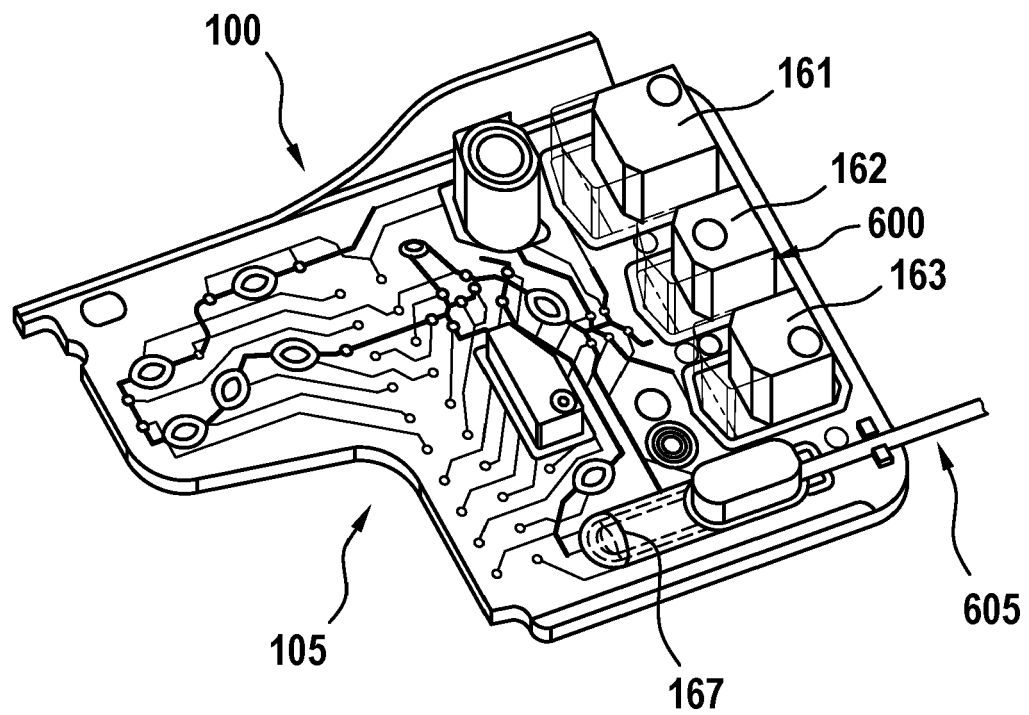


Fig. 9



**Fig. 10**

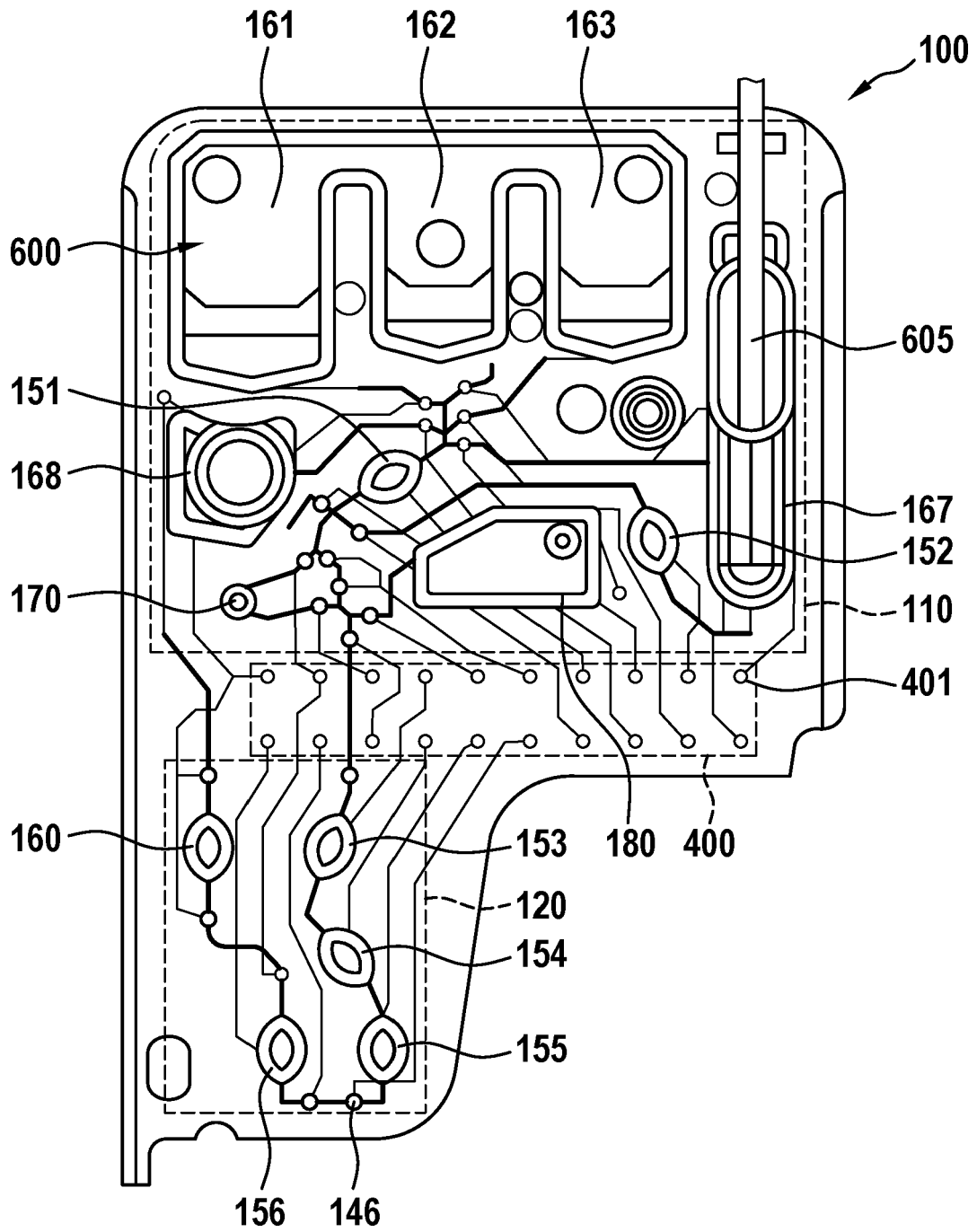


Fig. 11

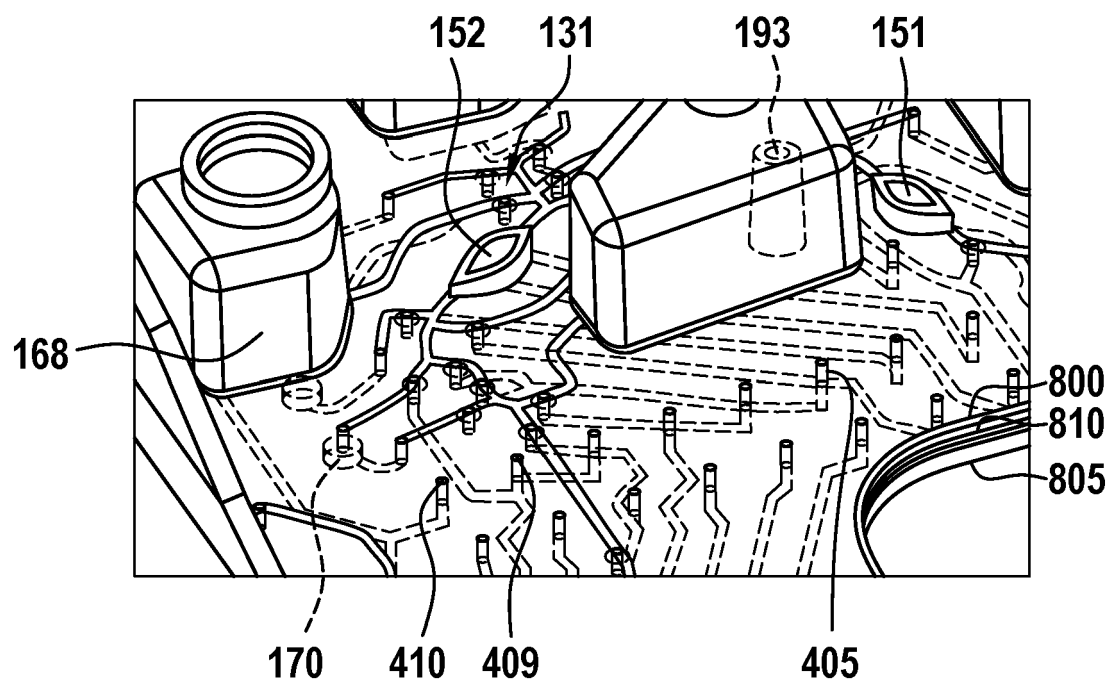


Fig. 12

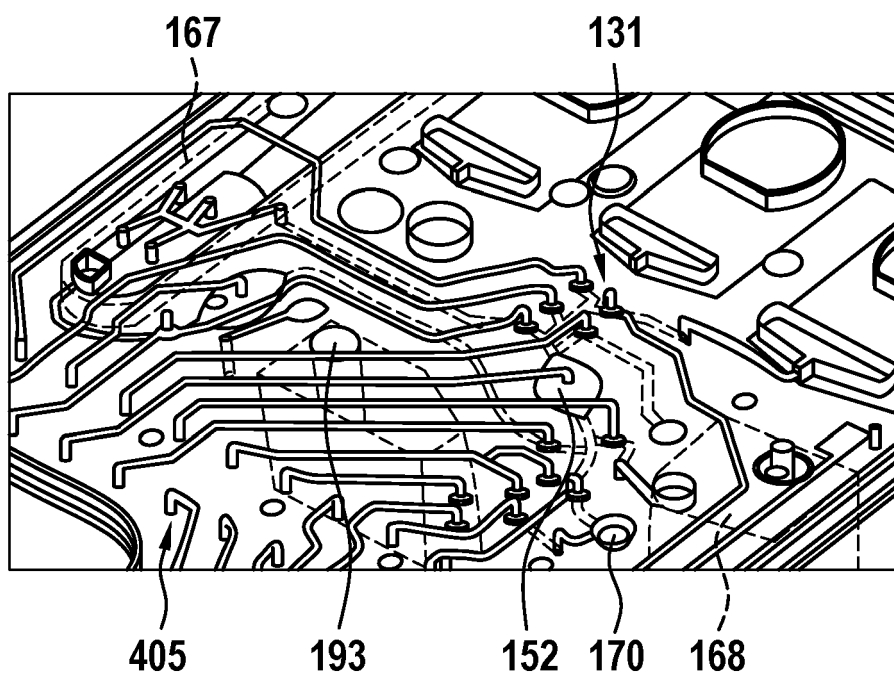


Fig. 13

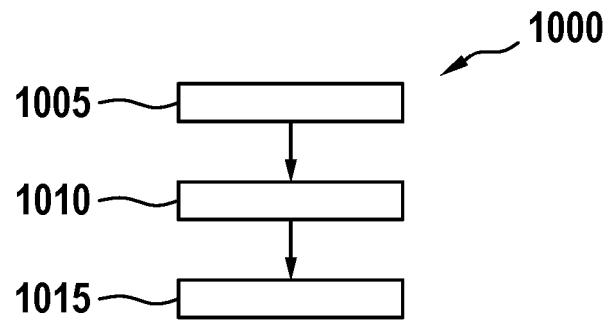


Fig. 14

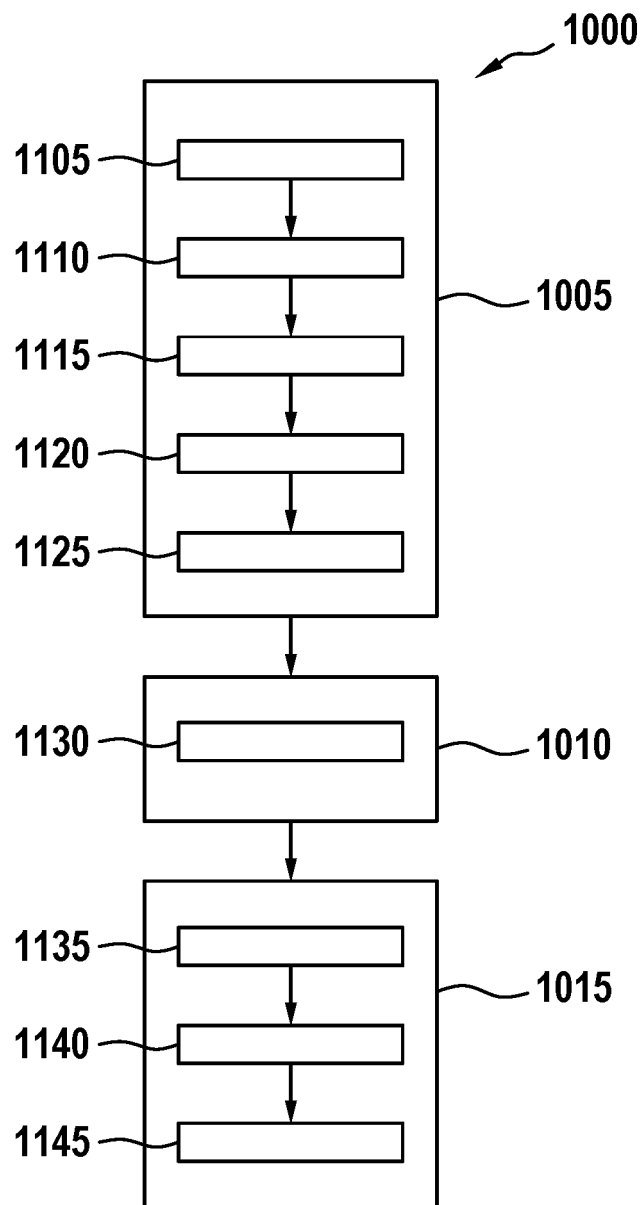


Fig. 15

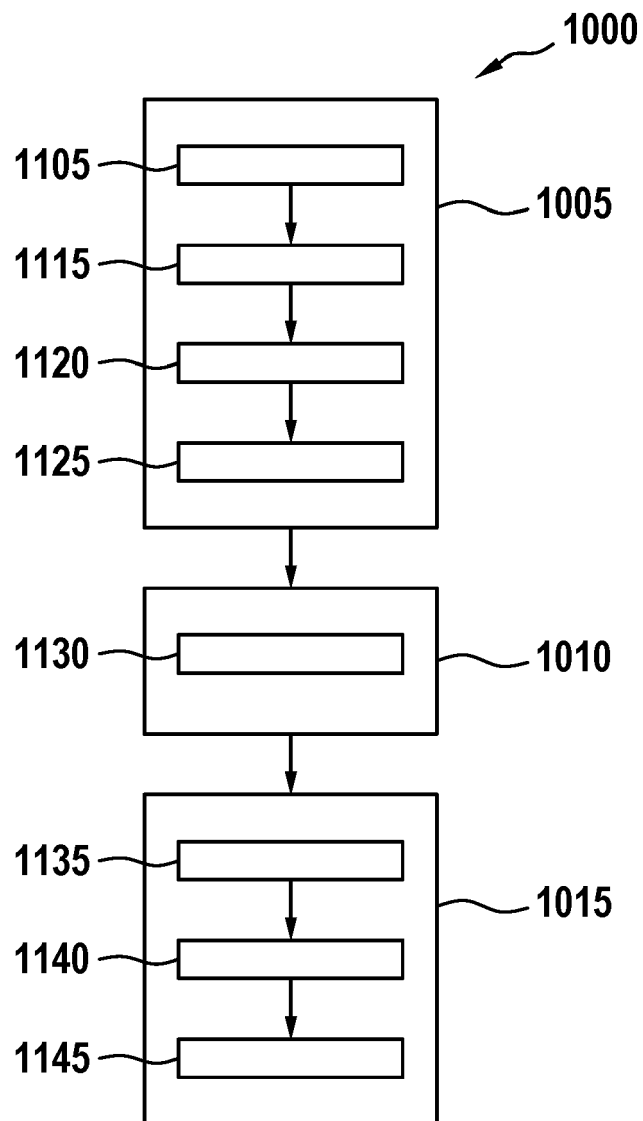


Fig. 16

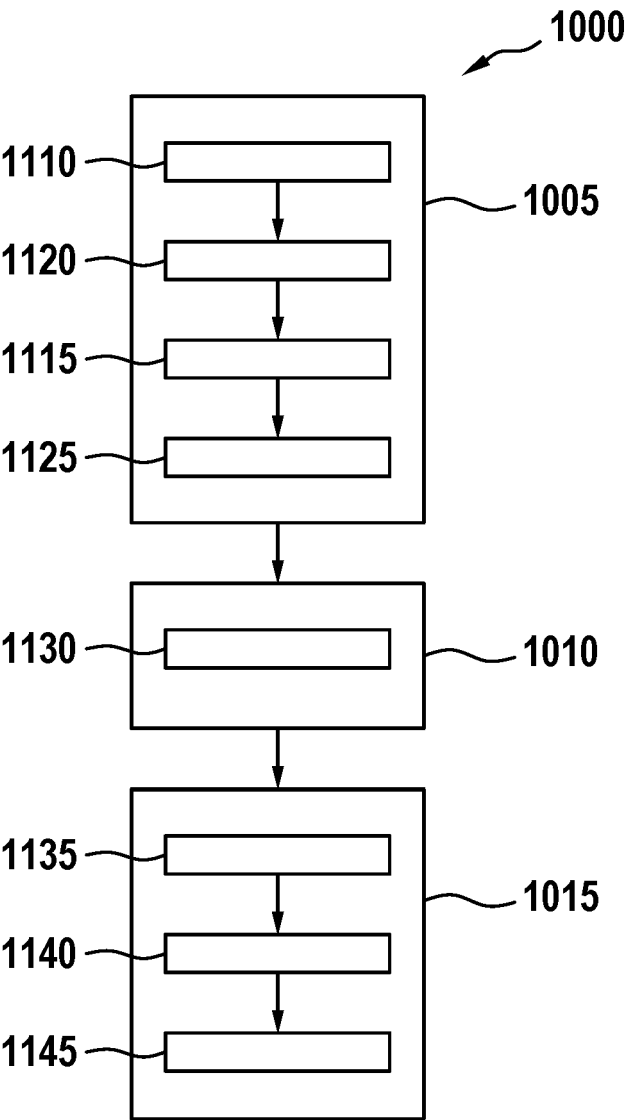
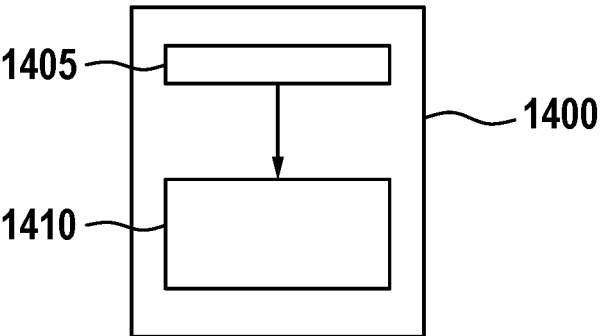


Fig. 17





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 19 0009

## EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                    | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                   | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| X                                                                                                                                                                                                                                            | DE 10 2021 203638 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 13. Oktober 2022 (2022-10-13)<br>* Absätze [0012], [0029], [0030], [0032], [0035], [0038], [0039];<br>Abbildungen 1,2 * | 1 - 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | INV.<br>B01L3/00                   |
| X                                                                                                                                                                                                                                            | US 2008/176755 A1 (AMUNDSON SALLY A [US] ET AL) 24. Juli 2008 (2008-07-24)<br>* Absätze [0012], [0045], [0046], [0064]; Abbildung 6 *                                 | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
|                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | C12Q<br>B01L                       |
| Recherchenort                                                                                                                                                                                                                                | Abschlußdatum der Recherche                                                                                                                                           | Prüfer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                    |
| Den Haag                                                                                                                                                                                                                                     | 17. Januar 2025                                                                                                                                                       | Vahidpour, Farnoosh                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                       | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 24 19 0009

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten  
Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

17-01-2025

|    |                                                    |                               |                                   |                               |
|----|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 10 | Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|    | DE 102021203638 A1                                 | 13-10-2022                    | CN 117480013 A                    | 30-01-2024                    |
| 15 |                                                    |                               | DE 102021203638 A1                | 13-10-2022                    |
|    |                                                    |                               | EP 4323112 A1                     | 21-02-2024                    |
|    |                                                    |                               | US 2024189819 A1                  | 13-06-2024                    |
|    |                                                    |                               | WO 2022218747 A1                  | 20-10-2022                    |
|    | -----                                              |                               |                                   |                               |
| 20 | US 2008176755 A1                                   | 24-07-2008                    | US 2008176755 A1                  | 24-07-2008                    |
|    |                                                    |                               | US 2010144558 A1                  | 10-06-2010                    |
|    |                                                    |                               | WO 2008082712 A2                  | 10-07-2008                    |
|    | -----                                              |                               |                                   |                               |
| 25 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 30 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 35 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 40 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 45 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 50 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 55 |                                                    |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102021203638 A1 [0003]