



(10) **DE 20 2015 106 972 U1** 2017.04.27

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2015 106 972.3**

(22) Anmeldetag: **21.12.2015**

(47) Eintragungstag: **22.03.2017**

(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **27.04.2017**

(51) Int Cl.: **G09B 23/06 (2006.01)**  
**G01M 10/00 (2006.01)**

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:  
**G.U.N.T. Gerätebau GmbH, 22885 Barsbüttel, DE**

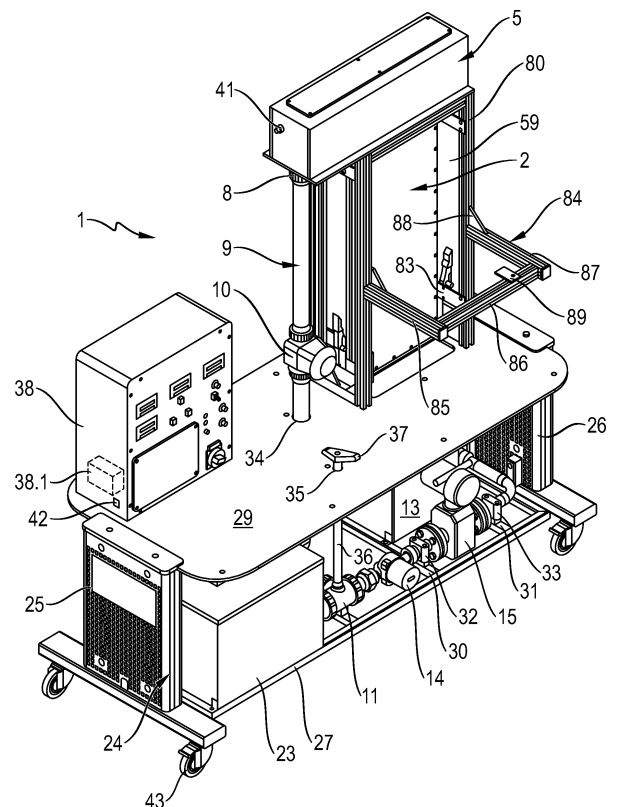
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:  
**Hauck Patentanwaltpartnerschaft mbB, 20355  
Hamburg, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Versuchsgerät zur Untersuchung von Strömungsfeldern**

(57) Hauptanspruch: Versuchsgerät zur Untersuchung von Strömungsfeldern umfassend

- einen vertikalen Strömungskanal (2),
- eine durchsichtige Frontplatte (59) an der Vorderseite des Strömungskanals (2),
- eine Einlassöffnung (22) am unteren Ende des Strömungskanals (2),
- eine Auslassöffnung (3) am oberen Ende des Strömungskanals (2),
- mindestens einen Versuchskörper (91), der im Strömungskanal (2) angeordnet und mittels mindestens eines ersten Halteelementes (92) an einer Wand (60) des Strömungskanals (2) gehalten ist,
- eine Umlaufleitung (9), welche mit der Auslassöffnung (3) und der Einlassöffnung (22) verbunden ist,
- eine in der Umlaufleitung (9) angeordnete Pumpe (15),
- eine im Strömungskanal (2) unterhalb des Versuchskörpers (91) angeordnete, linienförmige, den Querschnitt des Strömungskanals (2) zumindest teilweise überspannende, erste Elektrode (93), die an den Enden mit zwei an einer Wand (60) des Strömungskanals (2) gehaltenen zweiten Halteelementen (94) verbunden ist,
- eine im Strömungskanal (2) angeordnete oder diesen begrenzende zweite Elektrode (44) und
- eine elektrische Spannungsversorgung (38.1), die elektrisch mit der ersten Elektrode (93) und der zweiten Elektrode (44) verbindbar ist, um an der ersten Elektrode (93) elektrolytisch ein Gas zu erzeugen, wenn der Strömungskanal (2) mit Versuchsflüssigkeit gefüllt ist.



### Beschreibung

- [0001]** Die Erfindung betrifft ein Versuchsgerät zur Untersuchung von Strömungsfeldern.
- [0002]** Zweck des Versuchsgerätes ist, den Lernenden an Universitäten, Fachhochschulen und Technikerschulen die Phänomene der Umströmung fester Körper näherzubringen.
- [0003]** Bewegt sich ein beliebiger Körper durch ein Fluid (Gas oder Flüssigkeit), so bildet sich an der Oberfläche des Körpers eine Grenzschicht aus. Aufgrund der Haftung der am Körper anliegenden Fluidschicht an der Oberfläche des Körpers und der durch die Fluidbewegung entstehenden Scherkräfte im Fluid kann sich diese Grenzschicht unterschiedlich ausbilden.
- [0004]** Als Grenzschicht wird der Bereich des Fluids von der Oberfläche des Körpers bis zum ungestört fließenden Fluid definiert. Verschiedene Ausprägungen gilt es zu unterscheiden: Bei der laminaren Strömung gleiten die Fluidschichten aufeinander ab. Es erfolgt kein Austausch von Fluidteilchen senkrecht zur Strömungsrichtung.
- [0005]** Bei der turbulenten Strömung erfolgt ein Austausch von Fluidteilchen senkrecht zur Hauptströmungsrichtung. Die Fluidschichten können aufgrund dieser zusätzlichen Bewegung nicht klar voneinander getrennt werden.
- [0006]** Bei einer Ablösung der Strömung liegen die Fluidschichten aufgrund von Druckabfall nicht in Strömungsrichtung entlang der Oberfläche des Körpers an. Es findet eine Strömung entgegen der Hauptströmungsrichtung statt.
- [0007]** Toträume sind Räume oder Wirbel, welche nicht aktiv von der Strömung durchflossen werden.
- [0008]** Die wichtigste Grundlage zur Beurteilung einer Strömung ist die Reynolds-Zahl. Diese berechnet sich aus den maßgeblichen Größen der Strömungsbildung. Diese sind die Viskosität des Fluids, die Strömungsgeschwindigkeit und die charakteristische Länge.
- [0009]** Die Ausbildung der Strömung um umströmte Körper ist gleich, wenn bei gleicher Geometrie die Reynolds-Zahl gleich ist. Durch diesen Zusammenhang können Ergebnisse der Strömungsbildung eines Versuchs auf andere Größen (Maßstab, Geschwindigkeit, Viskosität) umgerechnet werden.
- [0010]** Um Strömungen sichtbar zu machen, sind im Markt verschiedene Verfahren etabliert. Im Folgenden werden nur Verfahren beschrieben, welche auf eine optische Auswertung eines Versuchs zurückgreifen. Hierbei werden kontrastreiche Partikel in das Fluid eingebracht und die Strömungsfelder mittels Bildern oder Video ausgewertet. Hierbei müssen einzelne Partikel im Bild erkennbar und unterscheidbar von anderen Partikeln sein. Ferner dürfen die Partikel das Fluid in seinen Strömungseigenschaften möglichst wenig stören. Die Umsetzung mittels Luft als Versuchsflüssigkeit erfordert einen viel größeren Aufwand, so dass Wasser als Fluid bevorzugt ist. Ergebnisse aus den Versuchen mit Wasser können mit Hilfe der Reynolds-Zahl auf die entsprechenden Verhältnisse bei Luft umgerechnet werden, so dass die Unterscheidung zwischen Luft und Wasser letztlich eine Frage der Dimensionierung ist.
- [0011]** Eine Möglichkeit, Partikel in das strömende Wasser einzubringen, sind klare Gasblasen. An der Grenzfläche von Wasser und Gas wird Licht gut reflektiert, so dass die klaren Gasblasen bei gegebener Beleuchtung sehr gut sichtbar sind. Damit die Strömung durch die Bläschen nicht oder nur unwesentlich gestört wird und die Bahn der Gasblasen möglichst exakt der Strömung folgt, müssen diese sehr klein sein.
- [0012]** Hierfür eignen sich besonders Wasserstoffbläschen, die elektrolytisch im Wasser erzeugt werden. Als Kathode dient ein dünner Platindraht, von dem ausgehend die Wasserstoffbläschen von der Strömung mitgerissen werden. Der gleichzeitig bei der Elektrolyse entstehende Sauerstoff wird an einer großflächigen Anode außerhalb des betrachteten Strömungsphänomens erzeugt und abtransportiert. Über die elektrische Stromstärke kann die Menge und die Größe der Bläschen beeinflusst werden.
- [0013]** Bekannt sind Versuchsgeräte, die ein offenes Gerinne mit horizontaler Messstrecke aufweisen. Ein Beispiel ist das Versuchsgerät HM133 der G.U.N.T Gerätebau GmbH. Beim Betrieb eines horizontalen Strömungskanals ergibt sich durch das Aufsteigen der Wasserstoffbläschen eine Verschiebung der Bildebene quer zur Strömungsrichtung. Der Austritt der Bläschen an der Wasseroberfläche begrenzt die Länge der Beobach-

tungsstrecke. Durch die Verschiebung der Bildebene bewegen sich die Bläschen in Zonen unterschiedlicher Geschwindigkeit infolge von Grenzschichteffekten und Oberflächenspannung.

**[0014]** Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Versuchsgerät zur Untersuchung von Strömungsfeldern zur Verfügung zu stellen, bei dem die optische Erfassung des Strömungsfeldes durch eingebrachte Partikel nicht durch eine überlagerte Auftriebsbewegung gestört ist.

**[0015]** Die Aufgabe wird durch ein Versuchsgerät mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Versuchsgerätes sind in Unteransprüchen angegeben.

**[0016]** Das erfindungsgemäße Versuchsgerät zur Untersuchung von Strömungsfeldern umfasst:

- einen vertikalen Strömungskanal,
- eine durchsichtige Frontplatte an der Vorderseite des Strömungskanals,
- eine Einlassöffnung am unteren Ende des Strömungskanals,
- eine Auslassöffnung am oberen Ende des Strömungskanals,
- mindestens einen Versuchskörper, der im Strömungskanal angeordnet und mittels mindestens eines ersten Halteelements an einer Wand des Strömungskanals gehalten ist,
- eine Umlaufleitung, welche mit der Auslassöffnung und der Einlassöffnung verbunden ist,
- eine in der Umlaufleitung angeordnete Pumpe,
- eine im Strömungskanal unterhalb des Versuchskörpers angeordnete, linienförmige, den Querschnitt des Strömungskanals zumindest teilweise überspannende erste Elektrode, die an den Enden mit zwei an einer Wand des Strömungskanals gehaltenen zweiten Halteelementen verbunden ist,
- eine im Strömungskanal angeordnete oder diesen begrenzende zweite Elektrode und
- eine elektrische Spannungsversorgung, die elektrisch mit der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode verbindbar ist, um an der ersten Elektrode elektrolytisch ein Gas zu erzeugen, wenn der Strömungskanal mit Versuchsflüssigkeit gefüllt ist.

**[0017]** Der Strömungskanal des erfindungsgemäßen Versuchsgerätes ist vertikal ausgerichtet. Somit durchläuft die Strömung den Strömungskanal in vertikaler Richtung. Die erste Elektrode überspannt den Querschnitt des Strömungskanals zumindest teilweise, so dass sie sich quer zur Längsrichtung des Strömungskanals erstreckt. Vorzugsweise erstreckt sie sich horizontal bzw. senkrecht zur Längsrichtung des Strömungskanals. Infolgedessen werden Gasbläschen an der ersten Elektrode quer über den Strömungskanal verteilt freigesetzt und steigen mit der Strömung auf. Mit der Strömung werden die Gasbläschen an dem Versuchskörper (Widerstandskörper) vorbei transportiert. Dabei folgt die Bewegung der Gasbläschen der Strömung der Versuchsflüssigkeit. Durch die durchsichtige Frontplatte hindurch kann das Strömungsbild der Strömung anhand der Bewegung der Gasbläschen optisch erfasst werden. Dabei wird das Strömungsbild nicht bzw. in nicht erheblicher Weise durch Auftriebskräfte verfälscht, weil diese keine Komponente senkrecht zur vertikalen Hauptströmungsrichtung der Gasbläschen aufweisen. Infolgedessen kann mit dem Versuchsgerät die Ausprägung der Strömung auch in einigem Abstand hinter dem Versuchskörper untersucht werden. Ferner ist es möglich, andere Strömungsbilder zu untersuchen, die sich über eine längere Strecke einstellen, beispielsweise die Ausprägung der Strömung an längeren Grenzschichten oder an mehreren in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten Versuchskörpern.

**[0018]** Gemäß einer Ausführungsart der Erfindung weist der Strömungskanal einen rechteckigen Querschnitt auf. Der rechteckige Querschnitt hat Vorteile hinsichtlich der visuellen oder anderweitigen optischen Erfassung des Strömungsbildes sowie der Ausleuchtung. Außerdem ermöglicht er konstruktiv einfache Lösungen. Die Erfindung bezieht alternative Ausführungsarten ein, bei denen der Querschnitt des Strömungskanals eine kreisrunde, elliptische, mehreckige oder eine andere Querschnittsform aufweist.

**[0019]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart weist der Strömungskanal an der Hinterseite eine durchsichtige oder undurchsichtige Rückplatte auf, je nachdem, was aus Gründen der Beobachtung und der optischen Erfassung des Strömungsbildes vorteilhaft ist. Der Hintergrund kann insbesondere schwarz gewählt werden.

**[0020]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart weist der Strömungskanal einen rechteckigen Rahmen, mindestens ein vorderes Dichtelement an der Vorderseite des Rahmens und mindestens ein hinteres Dichtelement an der Hinterseite des Rahmens auf, wobei die Frontplatte in abdichtender Anlage an dem vorderen Dichtelement an der Vorderseite des Rahmens befestigt ist und die Rückplatte in abdichtender Anlage an dem hinteren Dichtelement an der Hinterseite des Rahmens befestigt ist. Diese Lösung ist konstruktiv besonders einfach.

**[0021]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart weisen die Frontplatte und die Rückplatte Schraubenlöcher auf, ist der Rahmen an der Vorderseite und der Hinterseite mit zu den Schraubenlöchern deckungsgleichen Gewindelöchern versehen und sind die Frontplatte und die Rückplatte mittels Schrauben am Rahmen befestigt, die durch die Schraubenlöcher hindurchgeführt und in die Gewindelöcher eingeschraubt sind. Hierdurch ist die Befestigung der Frontplatte und der Rückplatte am Rahmen konstruktiv besonders einfach gelöst. Alternativ sind die Frontplatte und die Rückplatte mittels am Rahmen fest verschraubter Stehbolzen und Flügelmuttern befestigt. Gemäß einer weiteren Alternative sind Frontplatte und Rückplatte mittels Schraubzwingen am Rahmen befestigt.

**[0022]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart ist die erste Elektrode ein Platindraht. Mittels des Platindrahtes ist bei Verwendung von Wasser als Versuchsflüssigkeit Wasserstoff im Strömungskanal herstellbar. Hierfür kann der Platindraht und die zweite Elektrode an eine Gleichspannungsquelle angelegt werden, wobei der Platindraht als Kathode an den Minuspol der Gleichspannungsquelle und die zweite Elektrode als Anode an den Pluspol der Spannungsquelle angelegt wird. Hierbei wird an der zweiten Elektrode Sauerstoff erzeugt.

**[0023]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart ist der Platindraht an mindestens einem Ende an einem Stift aus leitfähigem Material befestigt, der abdichtend durch ein Loch an der Wand des Strömungskanals nach außen geführt ist. Vorzugsweise sind beide Enden des Platindrahtes auf dieselbe Weise befestigt. Der Stift aus elektrisch leitfähigem Material ermöglicht eine konstruktiv besonders einfache Befestigung und Kontaktierung des Platindrahtes.

**[0024]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart besteht der Rahmen ganz oder teilweise aus elektrisch leitfähigem Material und ist der Rahmen oder sein elektrisch leitfähiger Teil die zweite Elektrode. Hierdurch wird die zweite Elektrode konstruktiv besonders einfach verwirklicht. Die Sauerstoffbläschen entstehen bevorzugt an den beiden vertikalen Rahmenteilern auf der Höhe der ersten Elektrode. Da sie an den Seiten des Strömungskanals anfallen und ihr Gesamtvolumen nur halb so groß wie das Volumen der Wasserstoffbläschen ist, stören sie die Beobachtung des Strömungsbildes mittels der Wasserstoffbläschen nicht.

**[0025]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart weisen zwei vertikale Rahmenteile des Rahmens Fenster auf, vor denen außerhalb des Rahmens Leuchtmittel angeordnet sind, die auf den Strömungskanal ausgerichtet sind, um diesen auszuleuchten, Hierdurch wird für visuelle und optische Beobachtung mittels Kamera eine vorteilhafte kontrastreiche Ausleuchtung des Strömungskanals ermöglicht. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsart weisen die beiden Rahmenteile des Rahmens streifenförmige, vertikale Fenster auf, vor denen außerhalb des Rahmens Lichtleisten angeordnet sind, die auf den Strömungskanal ausgerichtet sind.

**[0026]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart sind die Lichtleisten LED-Leisten und sind zwischen den LED-Leisten und den vertikalen Fenstern Linsen angeordnet. Der für LEDs typische, relativ große Streuwinkel des emittierten Lichts wird mittels der Linse reduziert, so dass das Licht im Wesentlichen zur Ausleuchtung des Strömungskanals zur Verfügung steht.

**[0027]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart besteht der Versuchskörper aus transparentem Plexiglas oder einem anderen transparenten Material. Hierdurch können abgeschattete Bereiche vermieden und die Beobachtung des Strömungsbildes verbessert werden.

**[0028]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart mündet die Auslassöffnung in einem horizontalen Entgasungsbehälter, der oben eine Entgasungsöffnung und in einem seitlich von dem Strömungskanal vorstehenden Bereich eine Abflussöffnung aufweist, an die die Umlaufleitung angeschlossen ist. Die Umlaufleitung ist über den Entgasungsbehälter mit der Auslassöffnung des Strömungskanals verbunden. Der Entgasungsbehälter ermöglicht ein zuverlässiges Abscheiden der Gasbläschen, da diese in der beruhigten Strömung in dem verhältnismäßig großen Entgasungsbehälter aufsteigen können und der Abfluss des Wassers in der Abflussöffnung in einem Abstand von der Auslassöffnung erfolgt. Infolgedessen werden die eingebrachten Gasbläschen nicht im Kreis gepumpt, so dass die Strömung immer nur definiert auf Höhe der ersten Elektrode mit Gasbläschen versetzt wird.

**[0029]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsart ist die Auslassöffnung an einem im Entgasungsbehälter angeordneten Überlauf des Strömungskanals vorhanden. Durch die Umlenkung der Versuchsflüssigkeit am Überlauf verzögert sich die Strömung der mittleren Fluidschicht, in der sich die Gasbläschen befinden. Hierdurch gewinnen die Gasbläschen Zeit zum Aufsteigen und Abscheiden im Entgasungsbehälter.

**[0030]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart ist die Abflussöffnung in einer Bodenwand des Entgasungsbehälters angeordnet. Aufsteigende Gasbläschen kommen durch das beruhigte Abfließen im Entgasungsbehälter nicht in den Sog der Strömung durch die Abflussöffnung und werden von dieser nicht mitgerissen.

**[0031]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart ist die Einlassöffnung des Strömungskanals mit der Auslassöffnung einer Düse verbunden und ist die Einlassöffnung der Düse mit einem Beruhigungsbehälter verbunden, der über die Umlaufleitung mit dem Auslass der Pumpe verbunden ist. Hierdurch wird eine besonders ungestörte Anströmung des Strömungskanals erreicht. Insbesondere kann eine laminare Anströmung verwirklicht werden.

**[0032]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsart ist hierfür in dem Beruhigungsbehälter mindestens eine der nachfolgenden Einrichtungen zur Strömungsberuhigung angeordnet: Glaskugelschüttung, Strömungsgleichrichter oder eine andere Einrichtung zur Strömungsberuhigung. Die genannten Maßnahmen bewirken eine besonders turbulenzarme Anströmung des Strömungskanals. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsart ist eine Glaskugelschüttung zwischen zwei plattenförmigen Wabengleichrichtern angeordnet. Die Wabengleichrichter wirken zugleich als Strömungsgleichrichter und als Einrichtungen zum Halten der Glaskugelschüttung im Beruhigungsbehälter.

**[0033]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart ist die Umlaufleitung über ein Ventil mit einem Vorratsbehälter zum Zwischenspeichern der Versuchsflüssigkeit verbunden. In dem Vorratsbehälter kann die Versuchsflüssigkeit zwischen den Versuchen zwischengespeichert werden. Wenn sich die Versuchsflüssigkeit im Vorratsbehälter befindet, kann insbesondere das Versuchsgerät geöffnet werden, beispielsweise um den Versuchskörper auszutauschen. Ferner können Wartungs- und Reparaturarbeiten vorgenommen werden. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsart ist das Ventil ein Dreiwegeventil. Das Dreiwegeventil ermöglicht wahlweise die Einleitung der Versuchsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter in das Umlaufsystem bestehend aus Düse, Beruhigungsbehälter, Strömungskanal, Entgasungsbehälter und Umlaufleitung, das Pumpen der Versuchsflüssigkeit im Kreislauf durch das Umlaufsystem und das Entleeren des Umlaufsystems.

**[0034]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart ist in der Umlaufleitung ein regelbares Durchflussventil angeordnet. Mit Hilfe des Durchflussmessers kann der gesamte Volumenstrom der Versuchsflüssigkeit ermittelt und die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der Versuchsflüssigkeit im Strömungskanal unterhalb des Versuchskörpers ermittelt werden, z.B. um die Reynolds-Zahl zu bestimmen.

**[0035]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart weist die Rückplatte Montagelöcher auf, in denen wahlweise erste Halteelemente für Versuchskörper und zweite Halteelemente für die erste Elektrode oder Blindstopfen anordenbar sind. Die Montagelöcher ermöglichen eine flexible Anbringung der ersten Elektrode und der Versuchskörper im Strömungskanal. Nicht benötigte Montagelöcher werden mittels Blindstopfen verschlossen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsart sind die Montagelöcher in einem definierten Raster an der Rückplatte angeordnet. Vorzugsweise umfasst die Anordnung der Montagelöcher an der Rückplatte zwei parallele Reihen Montagelöcher neben den vertikalen Rändern der Rückplatte und ein zentrales Montageloch oder eine vertikale Serie zentraler Montagelöcher in der Mitte zwischen den beiden seitlichen Rändern der Rückplatte. Das mindestens eine zentrale Loch dient der Befestigung eines Versuchskörpers, der beidseitig gleichmäßig von der Versuchsflüssigkeit umströmt wird. Die seitlichen Montagelöcher dienen der Montage der ersten Halteelemente seitlicher Versuchskörper oder der Montage der zweiten Halteelemente für die erste Elektrode.

**[0036]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart sind am Strömungskanal Profilschienen mit Haltern zum Anbringen von Messeinrichtungen, Kameras oder Beleuchtungsmitteln an verschiedenen Positionen entlang der Profilschienen angeordnet. Die Profilschienen ermöglichen eine flexible Anbringung der genannten Einrichtungen am Strömungskanal zum Zwecke der Beobachtung und Erfassung des Strömungsbildes.

**[0037]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart ist die elektrische Spannungsversorgung ausgebildet, an die erste Elektrode und die zweite Elektrode elektrische Pulse anzulegen, wobei die Form der Pulse, die Zeitspanne der Pulse und die Pausen zwischen den Pulsen definiert ist. Hierdurch werden an der ersten Elektrode Fronten von Gasbläschen erzeugt, die nacheinander den Strömungskanal durchwandern. Hierdurch werden die Beobachtung des Strömungsbildes und die Erfassung von Strömungsgeschwindigkeiten erleichtert. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsart ist die elektrische Spannungsversorgung ausgebildet, Rechteckpulse an die erste Elektrode und die zweite Elektrode anzulegen, wobei die Zeitdauer der Rechteckpulse und der Abstand zwischen den Rechteckpulsen festgelegt oder einstellbar sind.

**[0038]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart weist das Versuchsgerät einen Sensor für Umgebungstemperatur und/oder einen Sensor für die Temperatur der Versuchsflüssigkeit und/oder einen Sensor für den Flüssigkeitsstand im Entgasungsbehälter auf. Durch Erfassen der Temperaturen mittels der Sensoren können definierte Versuchsbedingungen eingehalten werden. Der Sensor für den Flüssigkeitsstand im Entgasungsbehälter kann ein Überlaufen des Entgasungsbehälters verhindern.

**[0039]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsart weist das Versuchsgerät ein Rahmengestell mit Rollen zum Verlagern des Versuchsgerätes auf. Hierbei ist das Versuchsgerät in Chassis-Bauweise ausgeführt und ist bequem verlagerbar, beispielsweise innerhalb des Unterrichtsraums oder zwischen Unterrichtsraum und Versuchsgerätelager.

**[0040]** Gemäß einer weiteren Ausführungsart ist das Versuchsgerät mit Versuchsflüssigkeit befüllt. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsart ist die Versuchsflüssigkeit Wasser. Gemäß einer weiteren Ausführungsart ist die Versuchsflüssigkeit destilliertes Wasser. Durch den Einsatz von destilliertem Wasser anstatt Leitungswasser können Schäden am Versuchsgerät vermieden werden. Destilliertes Wasser hat nur eine sehr geringe Leitfähigkeit, wodurch die Elektrolyse erschwert wird. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsart ist in das destillierte Wasser Natriumsulfat-Dekahydrat (Glaubersalz,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) oder Natriumsulfat-Anhydrat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) eingemischt, wodurch die notwendige Leitfähigkeit erreicht wird.

**[0041]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand der anliegenden Zeichnungen von Ausführungsbeispielen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

**[0042]** Fig. 1 Das Versuchsgerät in einer Perspektivansicht schräg von vorn und von der linken Seite;

**[0043]** Fig. 2 Das Versuchsgerät in einer Perspektivansicht schräg von vorn und von der rechten Seite;

**[0044]** Fig. 3 Das Versuchsgerät in einer Vorderansicht;

**[0045]** Fig. 4 Das Versuchsgerät in einer Rückansicht;

**[0046]** Fig. 5 Das Versuchsgerät in einer Ansicht von der linken Seite;

**[0047]** Fig. 6 Das Versuchsgerät in einer Ansicht von der rechten Seite;

**[0048]** Fig. 7 Das Versuchsgerät in einer Draufsicht;

**[0049]** Fig. 8 Das Versuchsgerät in einer Unteransicht;

**[0050]** Fig. 9 Das Versuchsgerät in einem Vertikalschnitt entlang der Linie IX-IX von Fig. 3;

**[0051]** Fig. 10 Das Versuchsgerät in einem Vertikalschnitt entlang der Linie X-X von Fig. 6;

**[0052]** Fig. 11 Das Versuchsgerät in einem Schnitt entlang der Linie XI-XI von Fig. 3;

**[0053]** Fig. 12 Vergrößertes Detail XII von Fig. 11;

**[0054]** Fig. 13 Ein Prozessschema des Versuchsgerätes;

**[0055]** Fig. 14 Rückplatte des Versuchsgerätes mit Versuchskörper und Platinelektrode in Vorderansicht;

**[0056]** Fig. 15 Rückplatte des Versuchsgerätes mit anderen Versuchskörpern und Platinelektrode in Vorderansicht.

**[0057]** In der vorliegenden Anmeldung beziehen sich die Angaben „oben“ und „unten“ sowie davon abgeleitete Angaben auf eine Ausrichtung des Strömungskanals mit seiner Längsachse in vertikaler Richtung, wobei sich die Auslassöffnung oberhalb der Einlassöffnung befindet.

**[0058]** Gemäß Fig. 1, Fig. 9, Fig. 10 und Fig. 13 weist das erfindungsgemäße Versuchsgerät 1 einen vertikalen Strömungskanal 2 mit Rechteckquerschnitt auf. Der Strömungskanal 2 hat am oberen Ende eine Auslassöffnung 3. Diese ist an einem Überlauf 4 ausgebildet, der in einem kastenförmigen Entgasungsbehälter 5

angeordnet ist. Hierfür ist ein Verlängerungselement **6** des Strömungskanals **2** abdichtend durch eine Bodenwand **7** des Entgasungsbehälters **5** hindurchgeführt.

**[0059]** In einem seitlich über den Strömungskanal **2** hinausstehenden Teil hat der Entgasungsbehälter **5** in der Bodenwand **7** eine Abflussöffnung **8**. An die Abflussöffnung **8** ist eine Umlaufleitung **9** angeschlossen, die sich zunächst vertikal nach unten erstreckt. In dem vertikalen Abschnitt der Umlaufleitung **9** ist ein regelbares Durchflussventil **10** integriert. Der vertikale Abschnitt der Umlaufleitung ist am unteren Ende mit einem Dreiwegeventil **11** verbunden. Vom Dreiwegeventil **11** ausgehend erstreckt sich ein horizontaler Abschnitt der Umlaufleitung **9** zu einer Zuflussöffnung **12** eines Beruhigungsbehälters **13**. In dem horizontalen Abschnitt der Umlaufleitung befindet sich ein Durchflussmesser **14** und in Strömungsrichtung hinter dem Durchflussmesser **14** eine Pumpe **15**.

**[0060]** In dem kastenförmigen Beruhigungsbehälter **13** sind zwischen einem unteren plattenförmigen Wabengleichrichter **16** und einem oberen plattenförmigen Wabengleichrichter **17** Glaskugeln **18** zur Strömungsberuhigung angeordnet.

**[0061]** Die obere Öffnung des Beruhigungsbehälters **13** ist mit der Einlassöffnung **19** einer Düse **20** verbunden (Fig. 3). Die Düse **20** hat am oberen Ende eine Auslassöffnung **21**, die mit einer Einlassöffnung **22** am unteren Ende des Strömungskanals **2** verbunden ist.

**[0062]** Ferner ist das Dreiwegeventil **11** mit einem Vorratsbehälter **23** verbunden. Unten am Vorratsbehälter und am Beruhigungsbehälter befindet sich jeweils ein Entleerungsventil.

**[0063]** Die vorher erwähnten Elemente sind in einem Rahmengestell **24** angeordnet. Das Rahmengestell **24** weist an den beiden Stirnseiten zwei vertikale, plattenförmige Rahmenteile **25**, **26** auf. Zwischen den plattenförmigen Rahmenteilen **25**, **26** ist ein unterer horizontaler Rahmen **27** und in einem Abstand darüber ein oberer horizontaler Rahmen **28** gehalten. Auf der Oberseite des oberen horizontalen Rahmens **28** ist eine Tischplatte angeordnet.

**[0064]** Der untere horizontale Rahmen **27** hat unterhalb des Strömungskanals **2** zwei untere Traversen **30**, **31**, die den Beruhigungsbehälter **13**, die Düse **20** und den Strömungskanal **2** tragen (Fig. 1, Fig. 2). Der horizontale Abschnitt der Umlaufleitung **9** ist beidseitig der Pumpe **15** über elastische Halteelemente **32**, **33** auf den unteren Traversen **30**, **31** abgestützt.

**[0065]** Ferner trägt der untere horizontale Rahmen den Vorratsbehälter **23**.

**[0066]** Der vertikale Abschnitt der Umlaufleitung ist durch ein Loch **24** in der Tischplatte **29** hindurchgeführt. Durch ein weiteres Loch **35** in der Tischplatte **29** ist eine Welle **36** zum Betätigen des Dreiwegehahns **11** hindurchgeführt, die am oberen Ende mit einem Betätigungsknauf **37** verbunden ist.

**[0067]** Schließlich trägt die Tischplatte **29** einen Schaltschrank **38**, der eine elektrische Spannungsversorgung **38.1** für die Versorgung erster und zweiter Elektroden zur Durchführung einer Elektrolyse im Strömungskanal **2**, die elektrischen bzw. elektronischen Einrichtungen zum Steuern der Pumpe **15**, für die Versorgung von Lichtleisten und für die Auswertung von Messsignalen von Sensoren enthält.

**[0068]** Das Versuchsgerät **1** umfasst einen an der Außenseite des Schaltschranks angeordneten Sensor **39** zum Erfassen der Umgebungstemperatur, einen in den Beruhigungsbehälter **13** hineinragenden Sensor **40** für das Erfassen der Temperatur der Versuchsflüssigkeit und einen Sensor **41** für den Flüssigkeitsstand im Entgasungsbehälter **5**. Die genannten Sensoren sind mit Auswerteeinrichtungen im Schaltschrank elektrisch verbunden. Vorzugsweise ist der Durchflussmesser **14** ein elektronischer Durchflussmesser, der ebenfalls mit einer Auswerteeinrichtung im Schaltschrank **38** verbunden ist.

**[0069]** Ferner weist der Schaltschrank **38** einen USB-Anschluss **42** zum Anschließen eines PCs auf. Der PC kann zur Erfassung von Messwerten und zur Steuerung der Versuche herangezogen werden.

**[0070]** An den unteren Enden der stirnseitigen Rahmenteile **25**, **26** sind Schwenkrollen **43** mit einem Feststellmechanismus fixiert, die ein Verschieben und Feststellen des Versuchsgerätes **1** ermöglichen.

**[0071]** Gemäß Fig. 9 bis Fig. 12 weist der Strömungskanal **2** einen rechteckigen Rahmen **44** mit zwei langen, vertikalen Rahmenteilen **45**, **46** und zwei kurzen, horizontalen Rahmenteilen **47**, **48** am oberen und am unteren

Ende auf. Der Rahmen **44** besteht aus Metall und ist somit elektrisch leitfähig. Der Rahmen **44** ist eine zweite Elektrode. Die vertikalen Rahmenteile **45**, **46** sind plattenförmig. Die vertikalen und horizontalen Rahmenteile **45** bis **48** weisen in Dichtnuten **49**, **50** auf der Vorderseite und der Rückseite jeweils ein vorderes geradliniges Dichtelement **51** und ein hinteres geradliniges Dichtelement **52** auf. Hierbei handelt es sich beispielsweise um Gummischnüre mit kreisrundem Querschnitt.

[0072] Ferner weist jedes vertikale Rahmenteil **45**, **46** in der Mitte eine rechteckige Öffnung **53**, **54** auf, die sich über einen Teil ihrer Höhe erstreckt. An den Innenseiten sind die Öffnungen **53**, **54** durch durchsichtige Scheiben **55**, **56** geschlossen. Die Öffnungen **53**, **54** bilden gemeinsam mit den Scheiben **55**, **56** streifenförmige, vertikale Fenster **57**, **58**.

[0073] Der Strömungskanal **2** weist eine Frontplatte **59** und eine Rückplatte **60** jeweils aus Plexiglas oder einem anderen transparenten Kunststoff auf. Die Frontplatte **59** und die Rückplatte **60** sind Wände des Strömungskanals **2**. Sie haben an den Rändern Schraubenlöcher **61** und der Rahmen **44** ist an der Vorderseite und der Rückseite mit Gewindelöchern **62** versehen, die deckungsgleich zu den Schraubenlöchern **61** sind. Durch die Schraubenlöcher **61** sind Schrauben **63** in die Gewindelöcher **62** eingedreht, welche die Frontplatte **59** und die Rückplatte **60** mit den vertikalen und horizontalen Rahmenteilern **45** bis **48** bzw. den darauf angeordneten vorderen und hinteren Dichtelementen **51**, **52** verspannen. Hierdurch sind Frontplatte **59** und Rückplatte **60** abdichtend am Rahmen **44** fixiert.

[0074] Die Frontplatte **59** und die Rückplatte **60** sind dementsprechend mit den unteren und oberen horizontalen Rahmenteilern **47**, **48** verschraubt und diesen gegenüber abgedichtet.

[0075] Die oberen und unteren horizontalen Rahmenteile **47**, **48** haben jeweils selber die Form eines länglichen Rahmens mit einem oberen Flansch **64** und einem unteren Flansch **65** an dem von der Frontplatte und der Rückplatte entfernten Ende (Fig. 9, Fig. 10).

[0076] Das untere Rahmenteil **48** ist abdichtend mit dem oberen Ende der Düse **20** verbunden, so dass die aus der Düse ausströmende Versuchsflüssigkeit durch den Durchgang des rechteckigen unteren Rahmenteil **48** hindurchtreten kann.

[0077] Das obere Rahmenteil **47** ist mit dem oberen Flansch **64** abdichtend mit einem schachtartigen Verlängerungselement **66** verbunden, das durch eine Öffnung **67** in der Bodenwand **7** des Entgasungsbehälters **5** hindurchgeführt ist. Hierfür hat das Verlängerungselement **66** am unteren Ende einen Flansch **68**, der unten abdichtend mit dem oberen Flansch **64** des oberen Rahmenteil **47** und oben abdichtend mit der Unterseite der Bodenwand **7** verbunden ist.

[0078] Gemäß den Fig. 10 bis Fig. 12 sind an den beiden Längsseiten des Strömungskanals **2** LED-Leisten **71**, **72** angeordnet, die auf die beiden seitlichen Fenster **57**, **58** der vertikalen Rahmenteile **45**, **46** ausgerichtet sind. Zwischen den LED-Leisten **71**, **72** und den beiden Fenstern **57**, **58** befinden sich Linsen **73**, **74**, welche die von den LED-Leisten **71**, **72** ausgehende Strahlung in den Strömungskanal **2** hinein bündelt.

[0079] Die LED-Leisten **71**, **72** sind elektrisch mit einer Spannungsversorgung **38** im Schaltschrank verbunden.

[0080] Gemäß Fig. 9 weist der obere horizontale Rahmen **28** des Rahmengestells **24** obere Traversen **75**, **76** auf, die einen weiteren Rahmen **79** trägt. Der weitere Rahmen **79** weist vier weitere vertikale Rahmenteile **80** auf, die beidseitig des Strömungskanals **2** angeordnet sind (Fig. 12). An den oberen Enden sind benachbarte weitere vertikale Rahmenteile **80** durch weitere horizontale Rahmenteile **81** miteinander verbunden. Die weiteren horizontalen Rahmenteile **81** tragen den Entgasungsbehälter **5**.

[0081] Die weiteren Rahmenteile **80**, **81** sind Profilschienen mit einem im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt, welche hinterschnittene Nuten **82** aufweisen, in denen Nutensteine verlagerbar und in wählbaren Positionen festklemmbar sind. Die Nutensteine sind durch die Öffnungen der Nuten **82** von außen hindurch zugänglich, so dass an den Nutensteinen weitere Strukturelemente fixierbar sind.

[0082] Gemäß Fig. 1 bis Fig. 3 und Fig. 9 ist der Strömungskanal über Winkелеlemente **83** und Nutensteine an den weiteren vertikalen Rahmenteilern **80** fixiert.

[0083] Ferner dienen die weiteren Rahmenteile **80**, **81** als Profilschienen zum Anbringen von Messeinrichtungen, Kameras und Beleuchtungsmitteln. Hierfür ist als Halter ein Hilfsrahmen **84** bestehend aus drei zusätzlichen Rahmenteilen **85**, **86**, **87**, die in Form eines U miteinander verbunden sind, auf der Seite der Frontplatte **59** am weiteren Rahmen **79** gehalten. Der Hilfsrahmen **84** ist an Nutensteinen fixiert, die in den hinterschnittenen Nuten an der Vorderseite der vertikalen Rahmenteile **80** verlagerbar bzw. festklemmbar sind. Hierfür sind abgewinkelte Ränder von dreiecksförmigen Verbindungslaschen **88** über Schraubverbindungen mit Nutensteinen in hinterschnittenen Nuten des Hilfsrahmens und der weiteren vertikalen Rahmenteile **80** verschraubt.

[0084] Auf dem mittleren Rahmenteil **86** des Hilfsrahmens **84** ist eine Halterung **89** für eine Kamera an einer einstellbaren Position festgeklemmt.

[0085] Gemäß **Fig. 14** weist die Rückplatte **60** an der Vorderseite in der Mitte ein Montageloch **90** auf, an dem ein (z.B. tragflügelförmiger) Versuchskörper **91** aus Plexiglas oder einem anderen transparenten Kunststoff mittels eines ersten Halteelements fixiert ist. Das erste Halteelement besteht in einem ersten Gewindebolzen **92**, auf dem zur Abdichtung des Montagelochs ein O-Ring geführt ist. Der O-Ring liegt an der Innenseite der Rückplatte **60** an. Eine auf den ersten Gewindebolzen **92** aufgeschraubte Mutter drückt gegen die Rückseite der Rückplatte **60** und verspannt den Versuchskörper **91** mit dieser unter Abdichtung des Montagelochs **90**.

[0086] Ferner weist die Rückplatte **80** an den beiden vertikalen Rändern jeweils eine Serie weiterer Montagelöcher **90** auf. Eine erste Elektrode **93** in Form eines Platindrahtes ist an den unteren Montagelöchern **90** der beiden seitlichen Reihen gehalten. Hierfür sind zweite Gewindebolzen **94** aus Metall oder einem anderen elektrisch leitfähigen Material durch die beiden unteren Montageöffnungen **90** hindurchgeführt und mittels Muttern auf den beiden Seiten mit dieser verspannt. Zwischen der Mutter auf der Innenseite der Rückplatte und der Rückplatte ist ein O-Ring auf den zweiten Gewindebolzen **94** geführt, der die Schraubenbolzen abdichtet. Die zweiten Gewindebolzen **94** sind zweite Halteelemente.

[0087] Der Platindraht **93** ist z.B. durch mehrfaches Umwickeln auf den Schraubenbolzen fixiert. Ggf. weisen die Schraubenbolzen an den inneren Enden Ösen auf, mit denen der Platindraht verknotet ist.

[0088] **Fig. 15** zeigt eine alternative Anordnung, bei der an den beiden Längsseiten der Rückwand **60** in dort angeordneten Montagelöchern **90** Versuchskörper **95**, **96** abdichtend montiert sind, welche eine Querschnittsverengung des Strömungskanals **2** bewirken.

[0089] Die nicht besetzten Montagelöcher **90** sind durch Blindstopfen **97** gefüllt, so dass dort keine Flüssigkeit austreten kann.

[0090] Die Gleichspannungsversorgung im Schaltkasten **38** ist elektrisch mit dem Rahmen **44** und einem der zweiten Gewindebolzen **94** verbunden, welche die Platinelektrode **93** halten. Dabei liegt der Minuspol an der Platinelektrode (Kathode) und der Pluspol am Rahmen **44** (Anode) an.

[0091] Die Gleichspannungsversorgung liefert eine gepulste Gleichspannung an die beiden Elektroden, wobei die Pulsdauer und die Pulsweite einstellbar sind.

[0092] Das Versuchsgerät **1** wird vorzugsweise mit destilliertem Wasser betrieben, das durch Zugabe von Natriumsulfat-Dekahydrat oder Natriumsulfat-Anhydrat leitfähig gemacht wird.

[0093] Bei der Inbetriebnahme des Versuchsgeräts **1** wird zunächst der Vorratsbehälter **23** mit destilliertem Wasser befüllt. Das Befüllen kann durch eine obere Öffnung des Entgasungsbehälters **5** hindurch erfolgen.

[0094] Nach dem Befüllen des Vorratsbehälters **23** kann das Wasser mittels der Pumpe **13** durch den Strömungskanal **2** hindurch in den Entgasungsbehälter **5** gepumpt werden, bis der Schwimmerschalter **41** anspricht. Dann wird der Vorratsbehälter **23** abgeschaltet und die Flüssigkeit durch die Umlaufleitung **9** im Kreis gepumpt. Vorzugsweise wird ursprünglich destilliertes Wasser eingefüllt und das Natriumsulfat-Dekahydrat bzw. Natriumsulfat-Anhydrat nachgefüllt, bis eine hinreichende Leitfähigkeit für die Erzeugung von Wasserstoffbläschen der gewünschten Größe erreicht ist. Die Wasserstoffbläschen markieren die Strömungsbildung um den Versuchskörper **91**, **95**, **96** herum. Die Strömungsbildung kann durch die Frontplatte **59** hindurch studiert und mittels der Kamera dokumentiert werden.

[0095] Nach Versuchsende wird die Pumpe **15** abgestellt und die Versuchsflüssigkeit kann nach entsprechender Schaltung des Dreiwegeventils **11** durch die Schwerkraft in den Vorratsbehälter **23** ablaufen.

Medien		Armaturen	
	Wasser	V1	3-Wege-Ventil
	Wasserstoff	V2	Durchflussventil
		V3, V4	Entleerungsventil
Hauptkomponenten		Mess- und Regelungstechnik	
A1	Bläschenerzeuger	I1	Kathodenstrom ( $I$ )
B1	Versuchsstrecke	L1	Füllstandsbegrenzung
B2	Entgasungsbehälter	S1	Strömungsgeschwindigkeit ( $v$ )
B3	Vorratsbehälter	T1	Wassertemperatur ( $t_1$ )
P1	Pumpe	T2	Umgebungstemperatur ( $t_2$ )

### Schutzansprüche

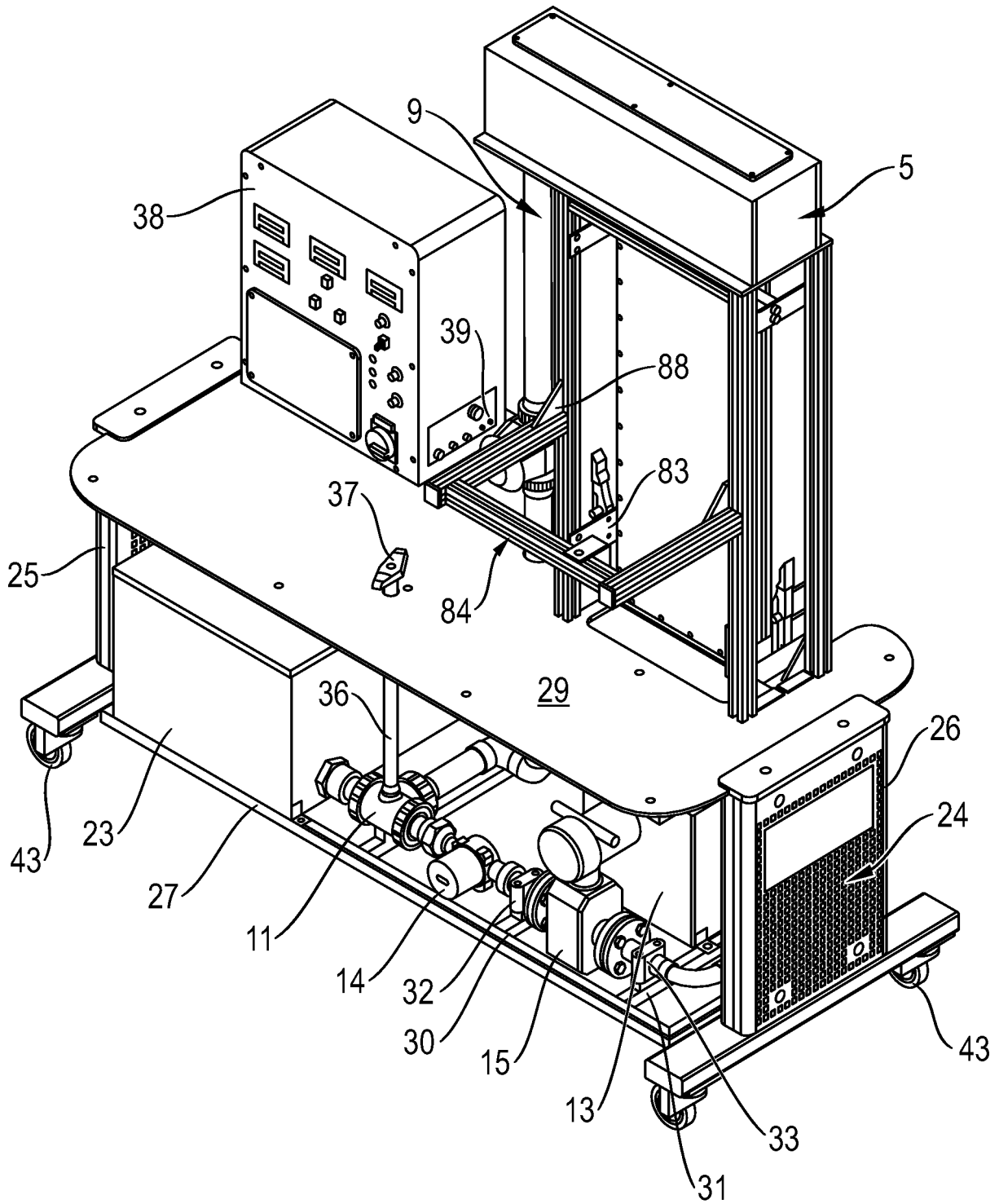
1. Versuchsgerät zur Untersuchung von Strömungsfeldern umfassend
  - einen vertikalen Strömungskanal (2),
  - eine durchsichtige Frontplatte (59) an der Vorderseite des Strömungskanals (2),
  - eine Einlassöffnung (22) am unteren Ende des Strömungskanals (2),
  - eine Auslassöffnung (3) am oberen Ende des Strömungskanals (2),
  - mindestens einen Versuchskörper (91), der im Strömungskanal (2) angeordnet und mittels mindestens eines ersten Halteelementes (92) an einer Wand (60) des Strömungskanals (2) gehalten ist,
  - eine Umlaufleitung (9), welche mit der Auslassöffnung (3) und der Einlassöffnung (22) verbunden ist,
  - eine in der Umlaufleitung (9) angeordnete Pumpe (15),
  - eine im Strömungskanal (2) unterhalb des Versuchskörpers (91) angeordnete, linienförmige, den Querschnitt des Strömungskanals (2) zumindest teilweise überspannende, erste Elektrode (93), die an den Enden mit zwei an einer Wand (60) des Strömungskanals (2) gehaltenen zweiten Halteelementen (94) verbunden ist,
  - eine im Strömungskanal (2) angeordnete oder diesen begrenzende zweite Elektrode (44) und
  - eine elektrische Spannungsversorgung (38.1), die elektrisch mit der ersten Elektrode (93) und der zweiten Elektrode (44) verbindbar ist, um an der ersten Elektrode (93) elektrolytisch ein Gas zu erzeugen, wenn der Strömungskanal (2) mit Versuchsflüssigkeit gefüllt ist.
2. Versuchsgerät nach Anspruch 1, bei dem der Strömungskanal (2) einen rechteckigen Querschnitt hat.
3. Versuchsgerät nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Strömungskanal (2) an der Hinterseite eine vorzugsweise durchsichtige Rückplatte (60) aufweist.
4. Versuchsgerät nach Anspruch 2 oder 3, bei dem der Strömungskanal (2) einen rechteckigen Rahmen (44), mindestens ein vorderes Dichtelement (51) an der Vorderseite des Rahmens und mindestens ein hinteres Dichtelement (52) an der Hinterseite des Rahmens aufweist, wobei die Frontplatte (59) in abdichtender Anlage an dem vorderen Dichtelement (51) an der Vorderseite des Rahmens befestigt ist und die Rückplatte (60) in abdichtender Anlage an dem hinteren Dichtelement (52) an der Hinterseite des Rahmens (44) befestigt ist.
5. Versuchsgerät nach Anspruch 4, bei dem die Frontplatte (59) und die Rückplatte (60) Schraubenlöcher (61) aufweisen, der Rahmen (44) an der Vorderseite und der Hinterseite mit zu den Schraubenlöchern deckungsgleichen Gewindelöchern (62) versehen ist und die Frontplatte (59) und die Rückplatte (60) mittels Schrauben (63) am Rahmen (44) befestigt sind, die durch die Schraubenlöcher (61) hindurchgeführt und in die Gewindelöcher (62) eingeschraubt sind.
6. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die erste Elektrode (93) ein Platindraht ist, der an den mindestens einem Ende an einem Stift (94) aus leitfähigem Material befestigt ist, der abdichtend durch ein Montageloch (90) in der Wand (60) des Strömungskanals (2) nach außen geführt ist.
7. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem der Rahmen (44) ganz oder teilweise aus elektrisch leitfähigem Material besteht und der Rahmen (44) oder sein elektrisch leitfähiger Teil die zweite Elektrode ist.

8. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 4 bis 7, bei dem zwei vertikale Rahmenteile (**45, 46**) des Rahmens (**44**) streifenförmige, vertikale Fenster (**57, 58**) aufweisen, vor denen außerhalb des Rahmens Lichtleisten (**71, 72**) angeordnet sind, die auf den Strömungskanal (**2**) ausgerichtet sind, um diesen auszuleuchten.
9. Versuchsgerät nach Anspruch 8, bei dem die Lichtleisten (**71, 72**) LED-Leisten sind und zwischen den LED-Leisten und den vertikalen Fenstern Linsen (**73, 74**) angeordnet sind.
10. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem der Versuchskörper (**91**) aus transparentem Plexiglas oder einem anderen transparenten Material besteht.
11. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die Auslassöffnung (**3**) in einen horizontalen Entgasungsbehälter (**5**) mündet, der oben eine Entgasungsöffnung und in einem seitlich von dem Strömungskanal vorstehenden Bereich eine Abflussöffnung (**8**) aufweist, die mit der Umlaufleitung (**9**) verbunden ist.
12. Versuchsgerät nach Anspruch 11, bei dem die Auslassöffnung (**3**) an einem im Entgasungsbehälter (**5**) angeordneten Überlauf (**4**) des Strömungskanals (**2**) vorhanden ist.
13. Versuchsgerät nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die Abflussöffnung (**9**) in einer Bodenwand (**7**) des Entgasungsbehälters (**5**) angeordnet ist.
14. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Einlassöffnung (**22**) des Strömungskanals mit der Auslassöffnung (**21**) einer Düse (**20**) verbunden ist und die Einlassöffnung (**19**) der Düse mit einem Beruhigungsbehälter (**13**) verbunden ist, der über die Umlaufleitung (**9**) mit dem Auslass der Pumpe (**15**) verbunden ist.
15. Versuchsgerät nach Anspruch 14, bei dem im Beruhigungsbehälter (**5**) mindestens eine der nachfolgenden Einrichtungen zur Strömungsberuhigung angeordnet ist: Glaskugelschüttung (**18**), Strömungsgleichrichter (**16, 17**) oder eine andere Einrichtung zur Strömungsberuhigung.
16. Versuchsgerät nach Anspruch 15, bei dem die Glaskugelschüttung (**18**) zwischen zwei plattenförmigen Wabengleichrichtern (**16, 17**) angeordnet ist.
17. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 16, bei dem die Umlaufleitung (**9**) über ein Ventil (**11**) mit einem Vorratsbehälter (**23**) zum Zwischenspeichern der Versuchsflüssigkeit verbunden ist.
18. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 17, bei dem in der Umlaufleitung (**9**) ein regelbares Durchflussventil (**10**) angeordnet ist.
19. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem die Rückplatte (**60**) Montagelöcher (**90**) aufweist, in denen wahlweise zweite Halteelemente (**94**) für die erste Elektrode (**93**) und erste Halteelemente (**92**) für Versuchskörper (**91**) oder Blindstopfen (**97**) anordenbar sind.
20. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 19, bei dem am Strömungskanal (**2**) Profilschienen (**81, 82**) mit Haltern (**84**) zum Anbringen von Messeinrichtungen, Kameras oder Beleuchtungsmitteln an verschiedenen Positionen entlang der Profilschienen (**81, 82**) angeordnet sind.
21. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 20, bei dem die elektrische Spannungsversorgung (**38.1**) ausgebildet ist, an die erste Elektrode (**93**) und die zweite Elektrode (**44**) elektrische Pulse anzulegen, wobei die Form der Pulse, die Zeitspanne der Pulse und die Pausen zwischen den Pulsen definiert ist.
22. Versuchsgerät nach Anspruch 21, bei dem die elektrische Spannungsversorgung (**38.1**) ausgebildet ist, Rechteckpulse an die erste Elektrode (**93**) und die zweite Elektrode (**44**) anzulegen, wobei die Zeitdauer der Rechteckpulse und der Abstand zwischen den Rechteckpulsen festgelegt oder einstellbar ist.
23. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 22, das einen Sensor (**39**) für Umgebungstemperatur und/oder einen Sensor (**40**) für die Temperatur der Versuchsflüssigkeit und/oder einen Sensor (**41**) für den Flüssigkeitsstand im Entgasungsbehälter (**5**) umfasst.

24. Versuchsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 22, das ein Rahmengestell (**24**) mit Rollen (**43**) zum Verlagern des Versuchsgerätes aufweist.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen





**Fig. 2**

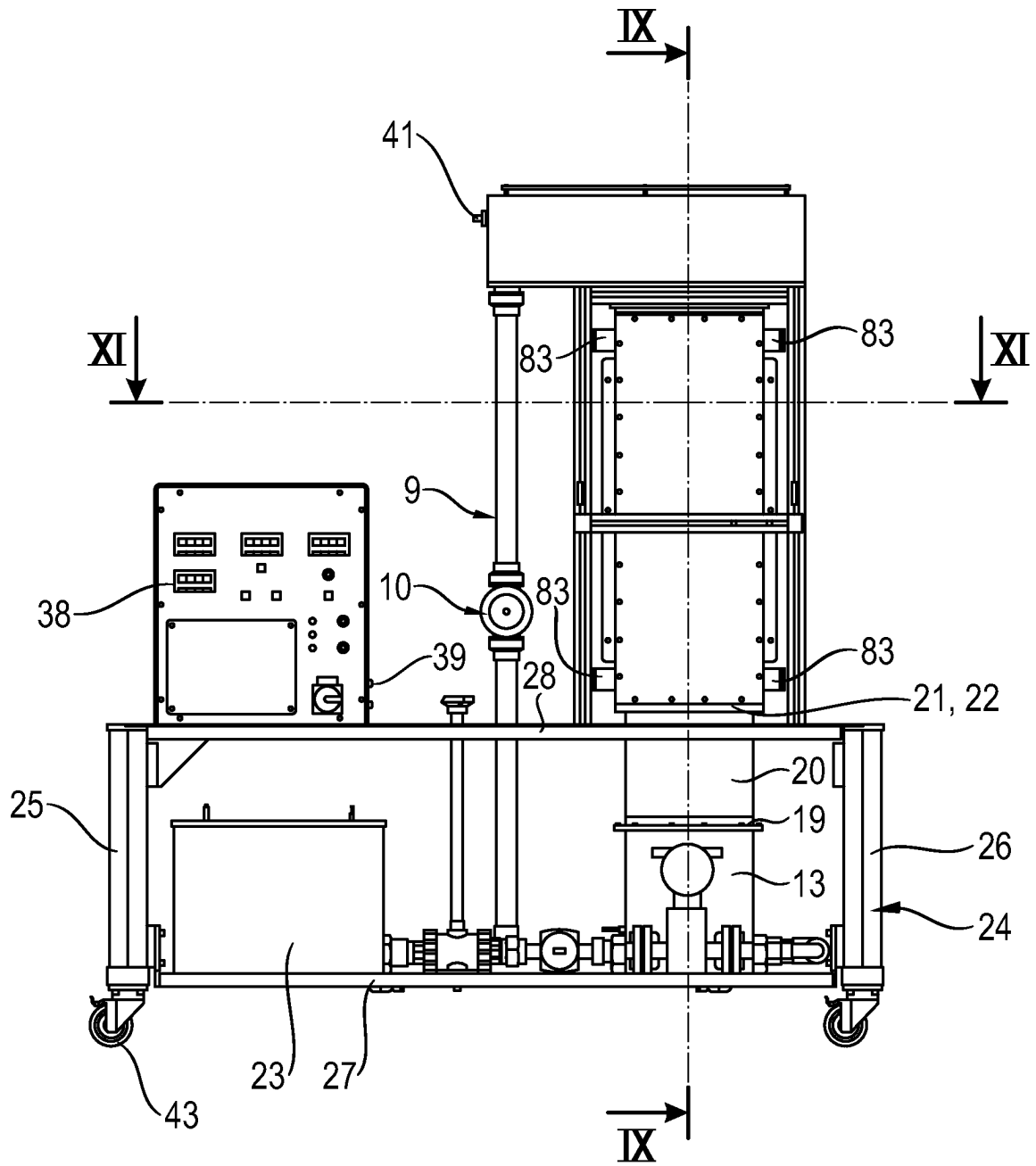
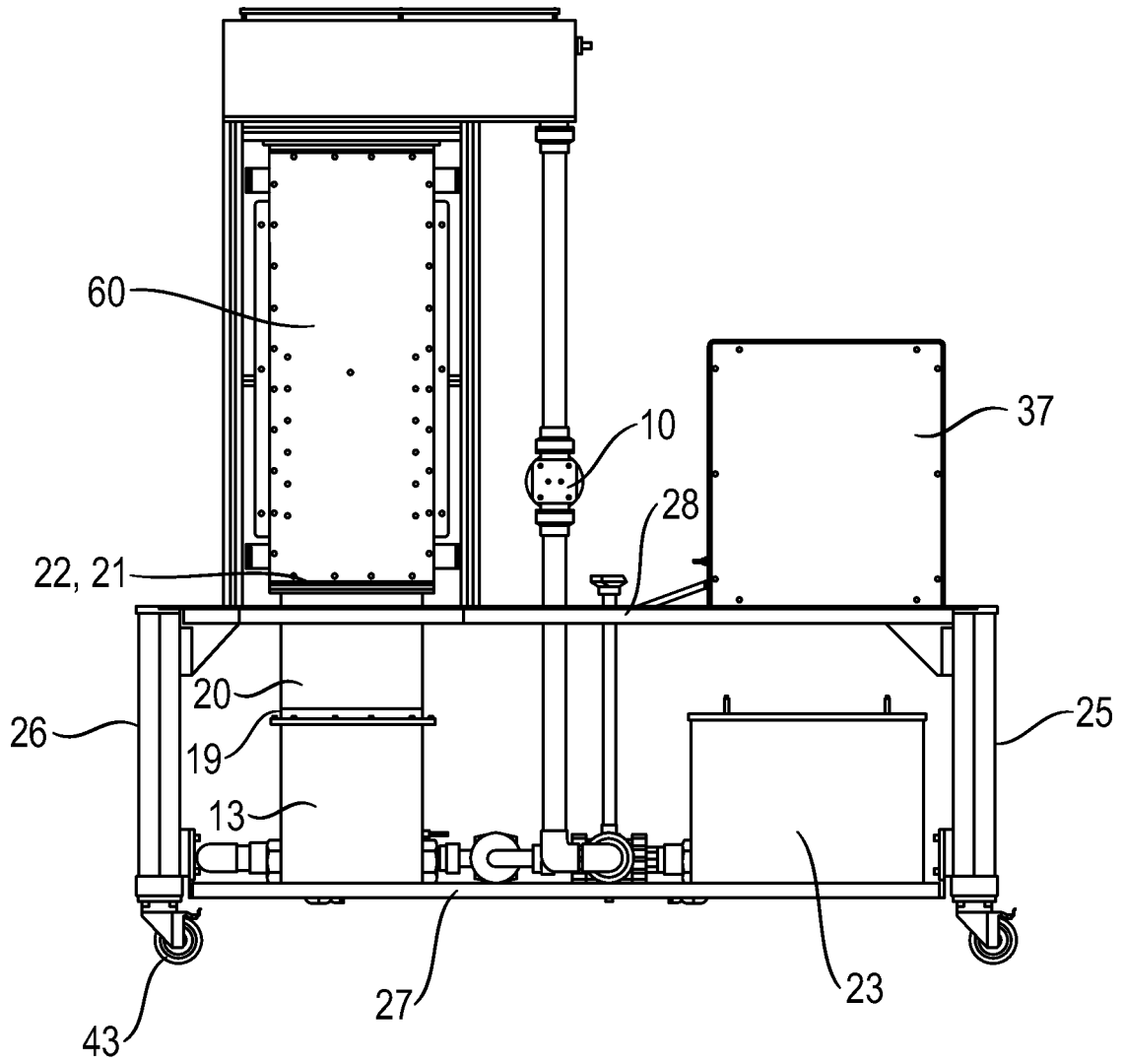
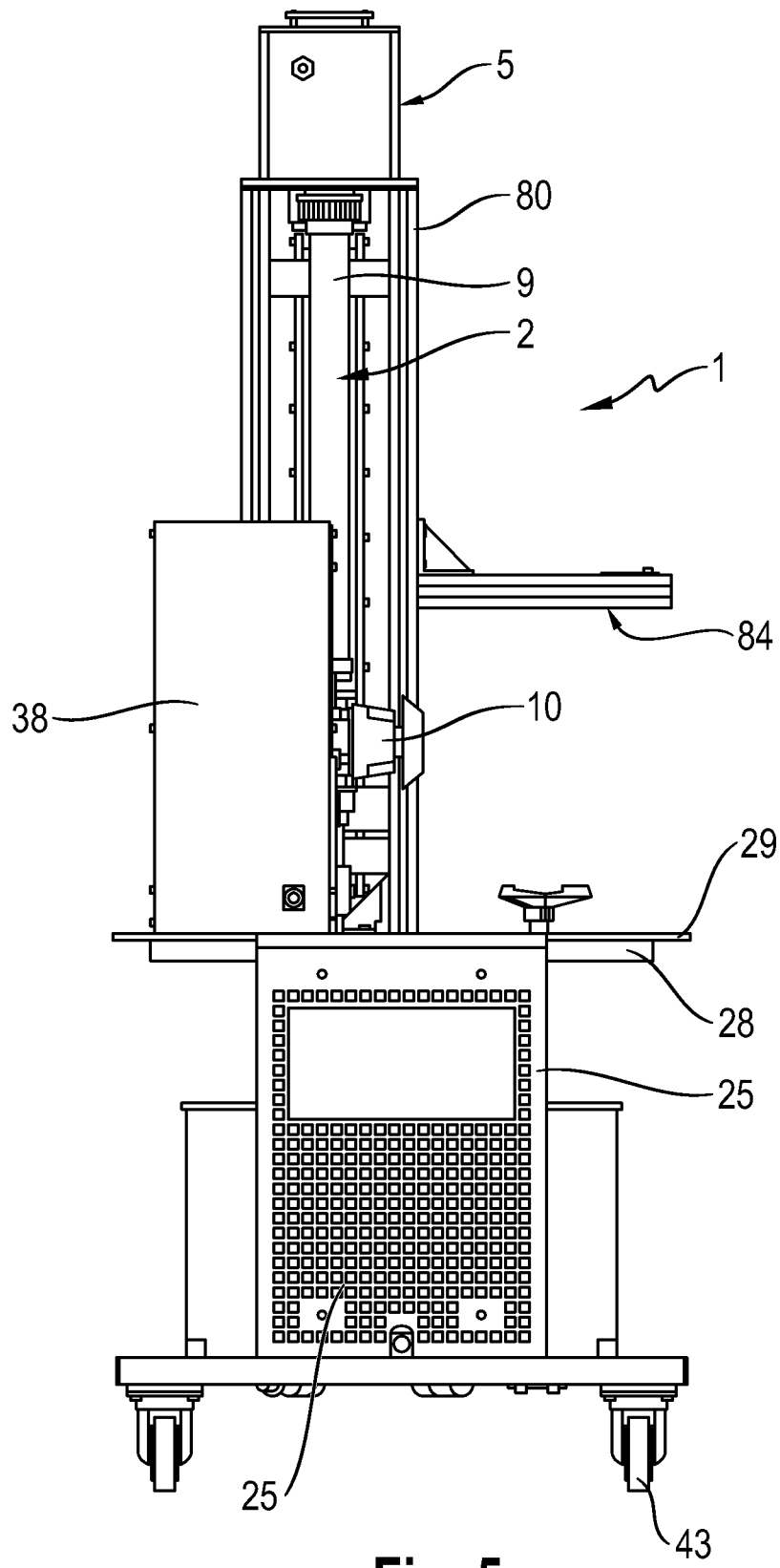


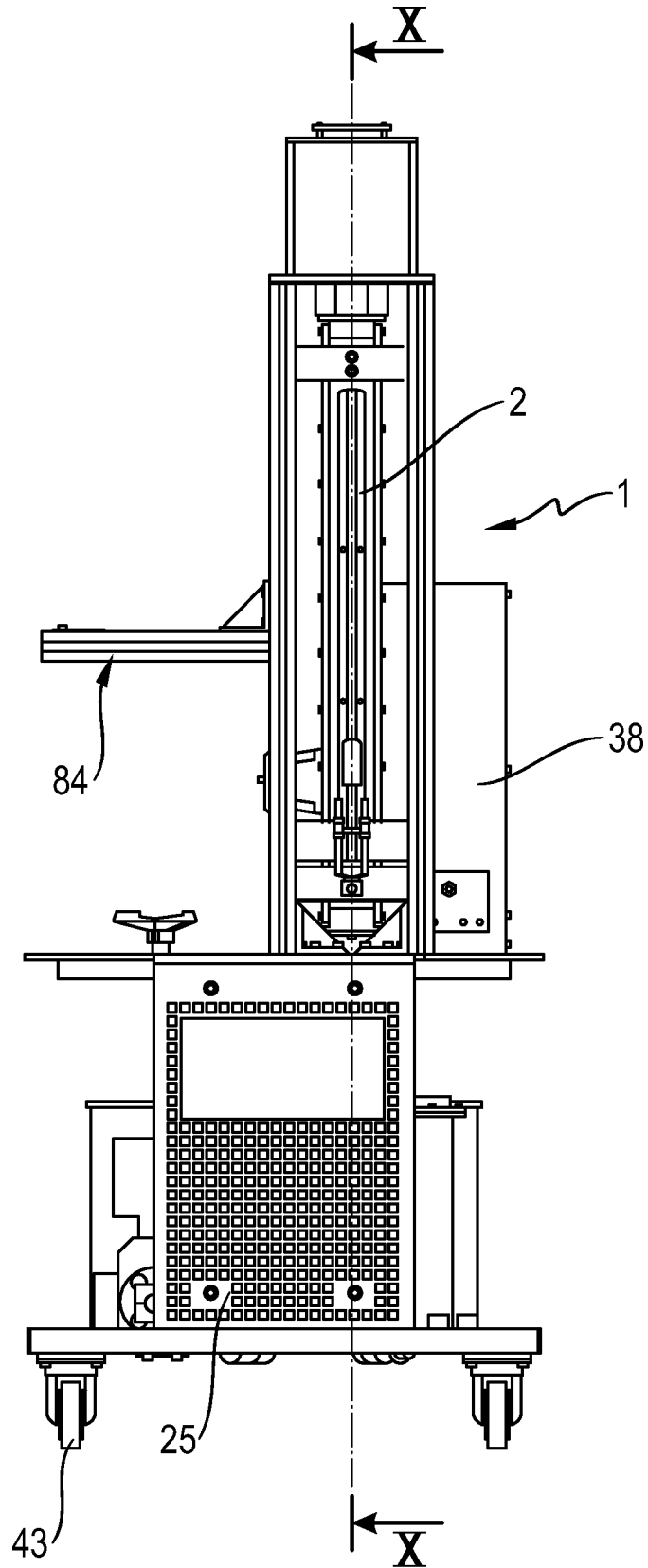
Fig. 3



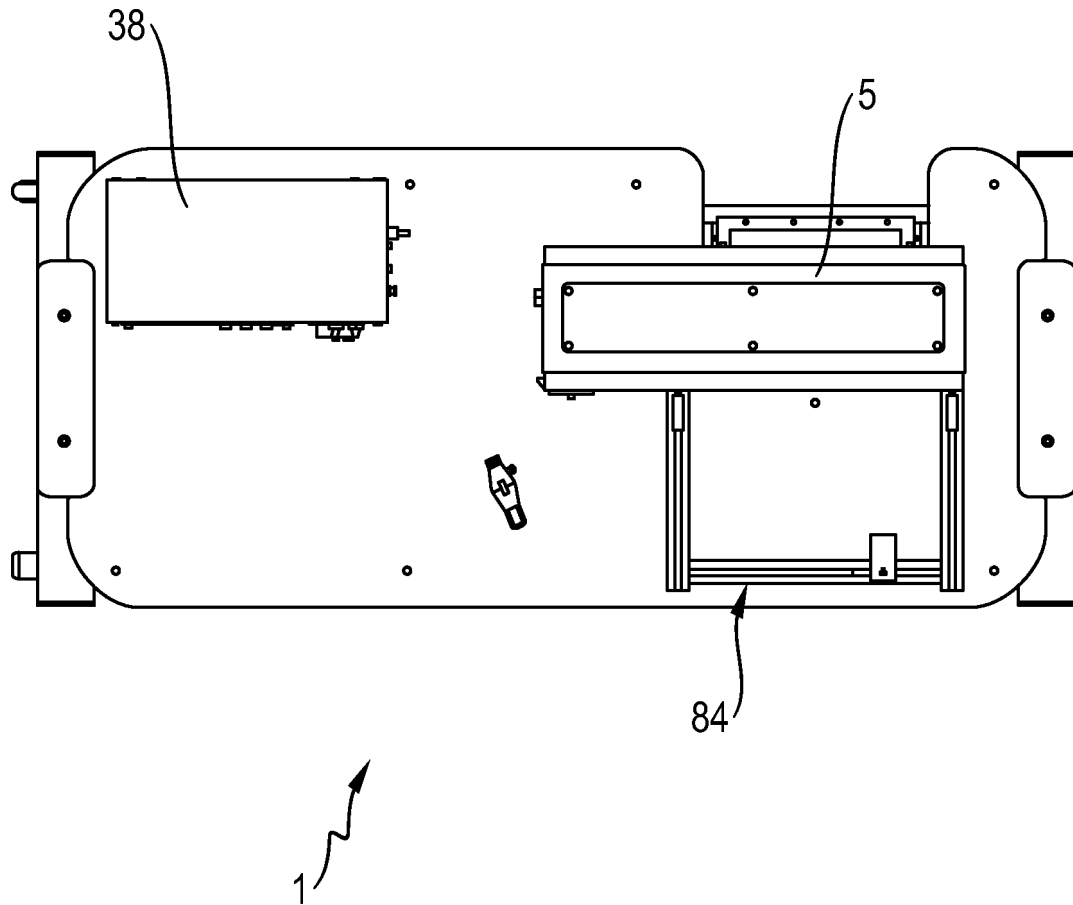
**Fig. 4**



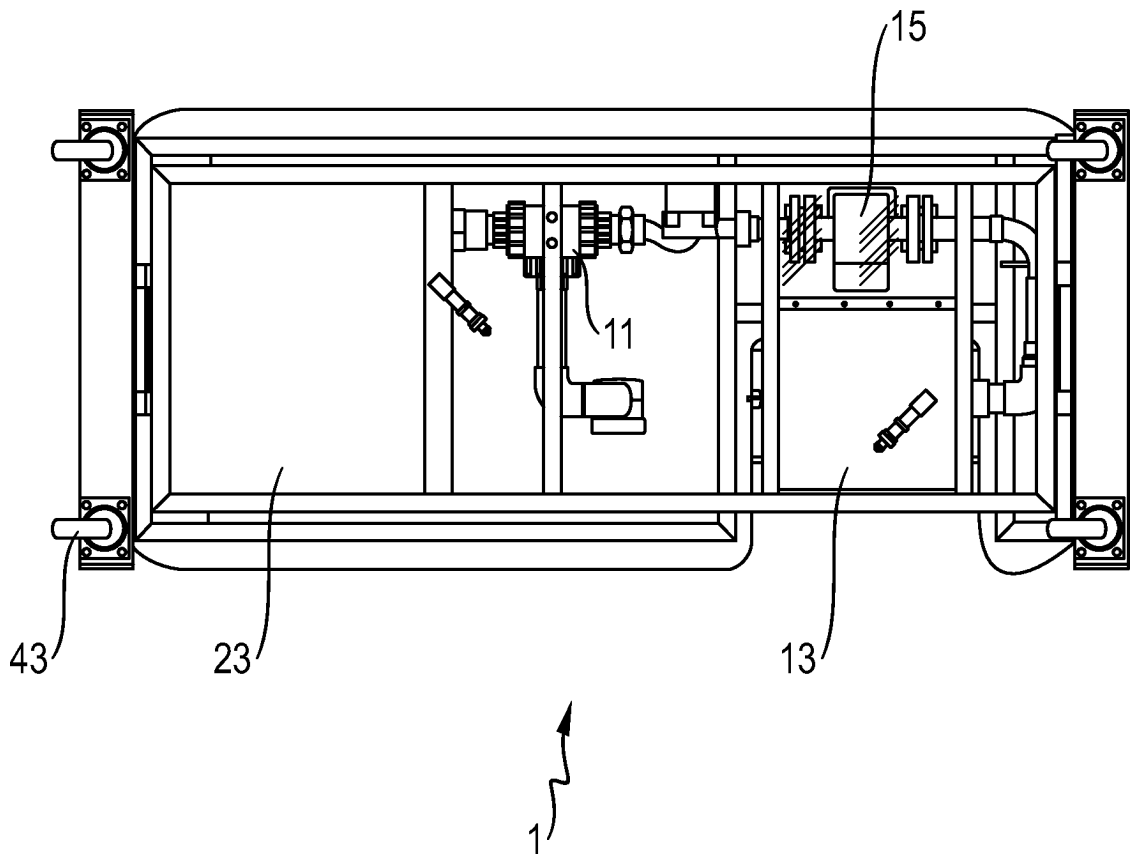
**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**



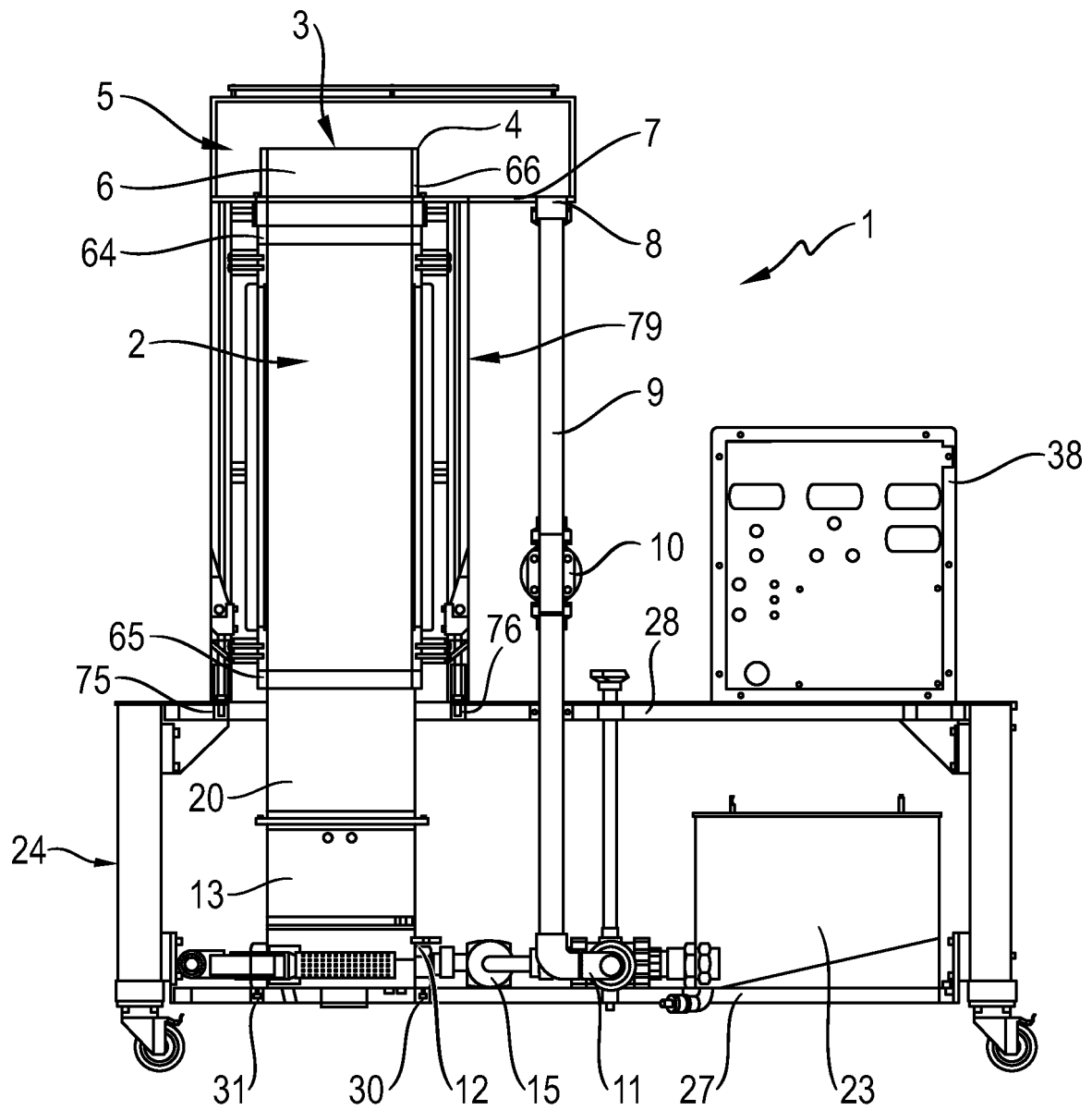
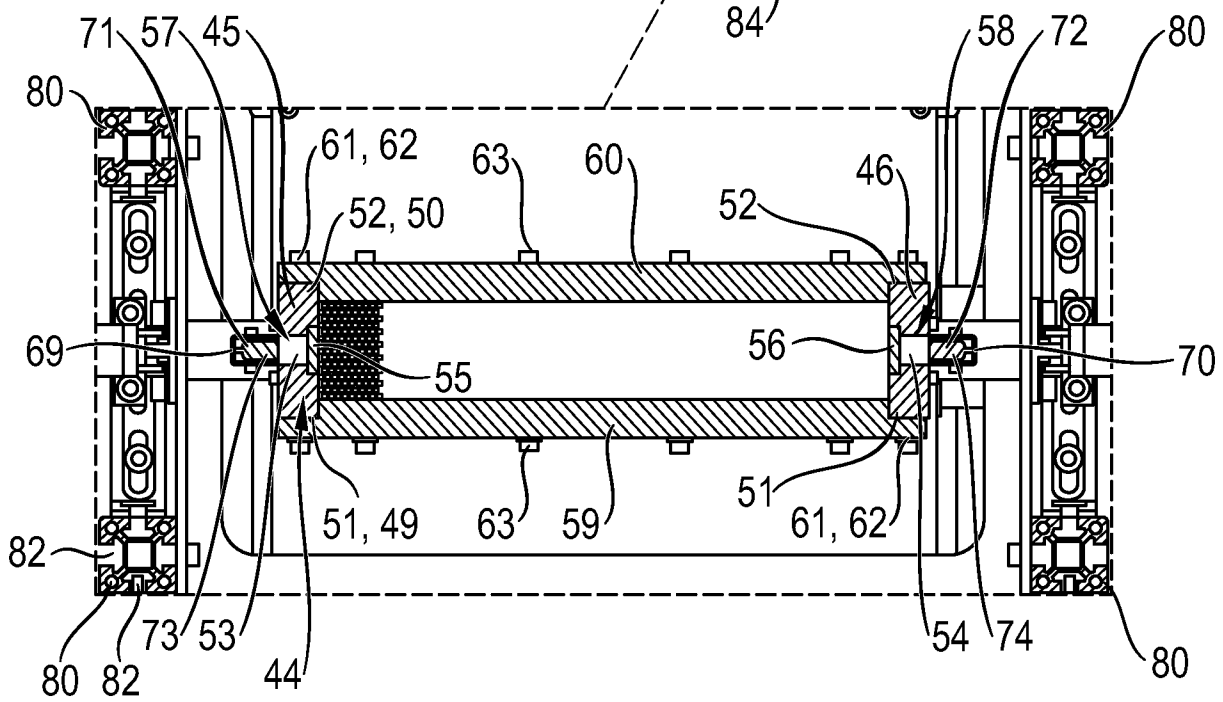
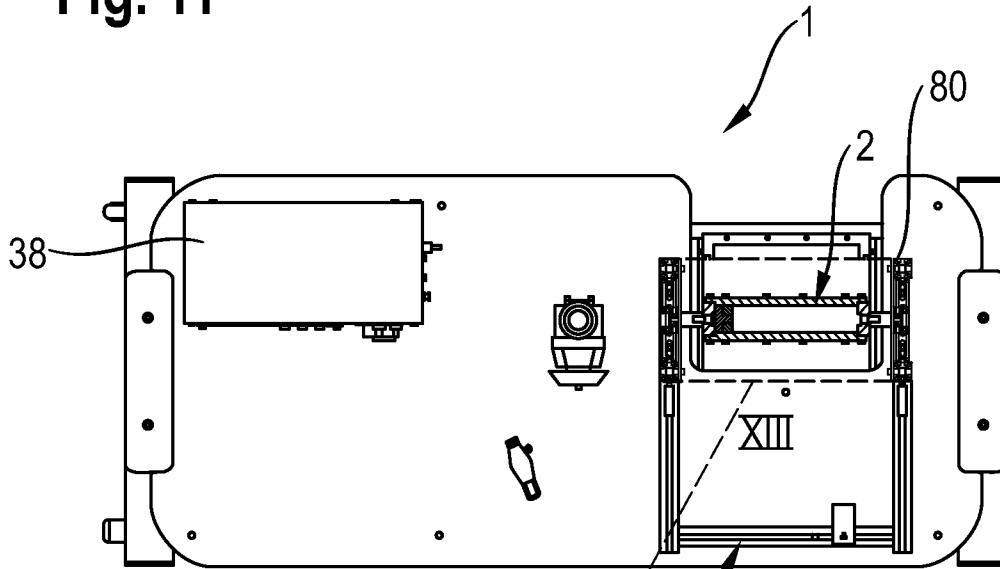
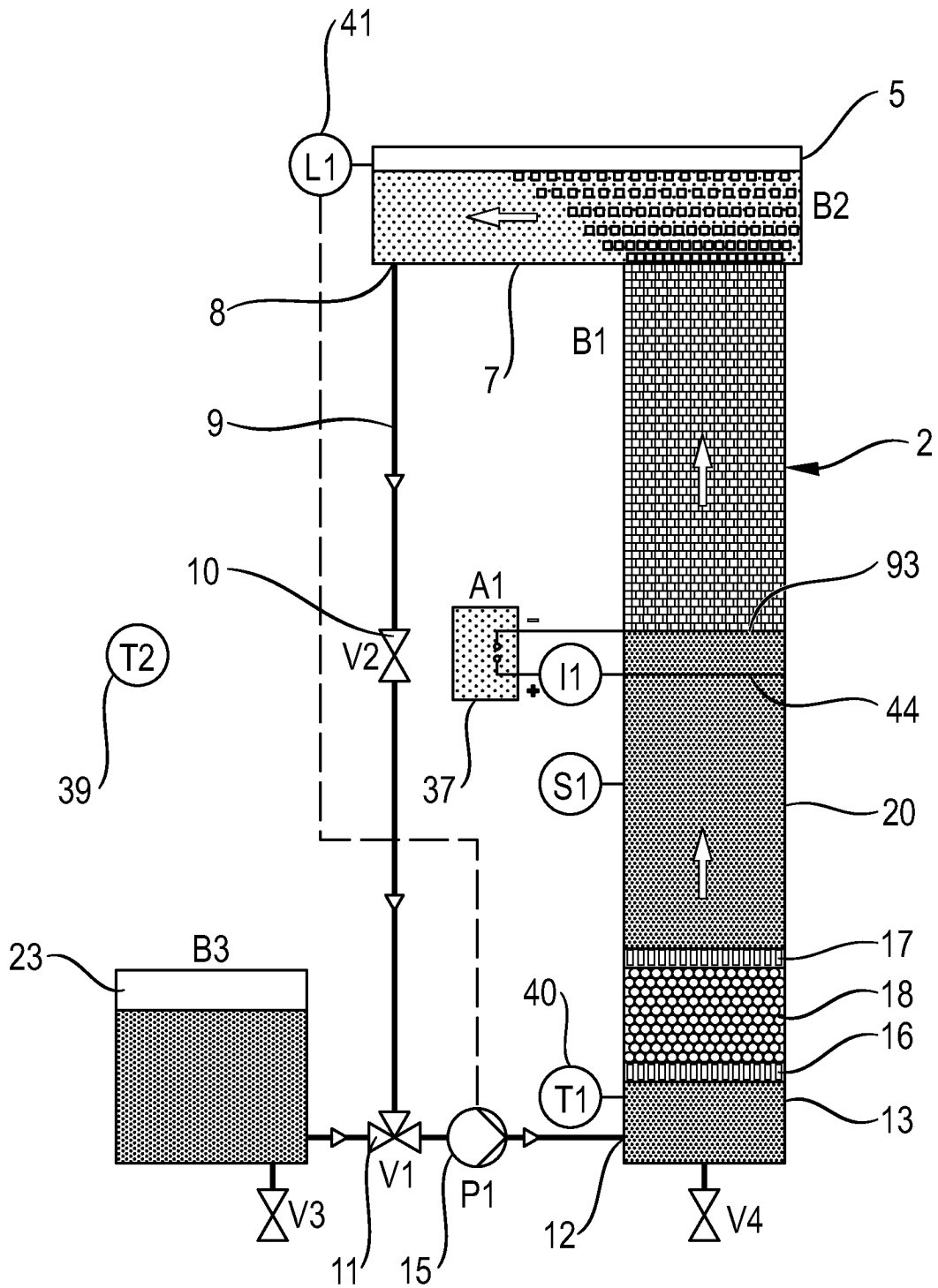


Fig. 10

**Fig. 11**

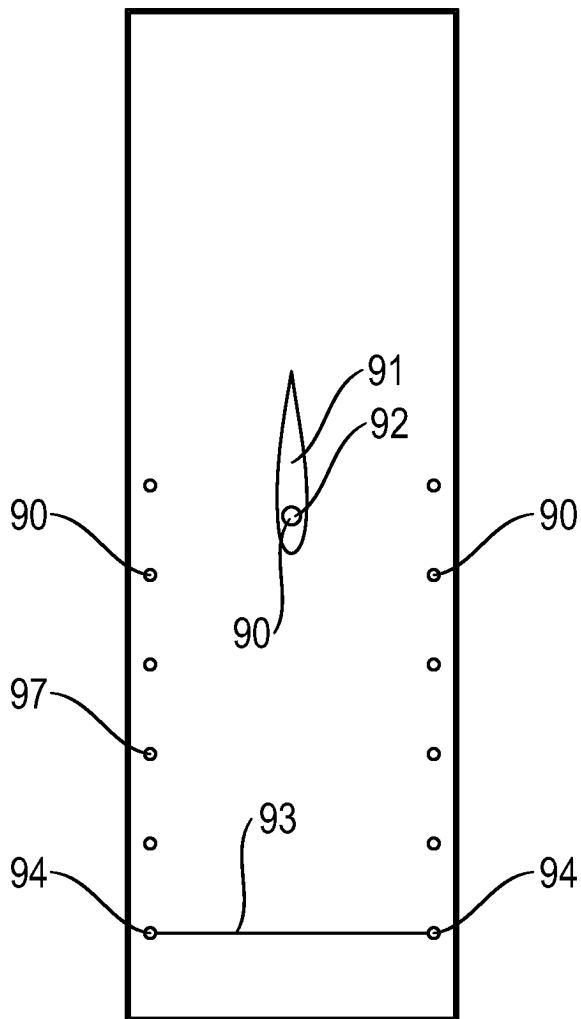


**Fig. 12**



**Fig. 13**

**Fig. 14**



**Fig. 15**

