

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21)	Anmeldenummer:	A 50303/2023	(51)	Int. Cl.:	G01N 21/15	(2006.01)
(22)	Anmeldetag:	21.04.2023			G01N 33/00	(2006.01)
(43)	Veröffentlicht am:	15.10.2024			G01N 15/0227	(2024.01)
					G01N 15/1434	(2024.01)
					G01N 21/94	(2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 1046901 A2
JP 2015184273 A
EP 2860514 A1

(71) Patentanmelder:
Anton Paar GmbH
8054 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Koch Nicole Dr.
8075 Hart bei Graz (AT)
Moitzi Christian Dr.
8074 Raaba (AT)
Leuprecht Gernot Dr.
8061 St. Radegund (AT)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Charakterisierung einer Probe und insbesondere zur Charakterisierung eines Probenbehälters**

(57) Beschrieben wird eine Vorrichtung (1) zur Charakterisierung einer Probe (36, 51) in einem Fluid und insbesondere zur Charakterisierung eines Probenbehälters (2), wobei die Vorrichtung aufweist: einen Probenbehälter (2) mit für Beleuchtungslicht (3) transparenten Behälterwänden (4,5); mindestens ein Objektiv (6, 42), das in eine Betriebsstellung anordnbar ist, um Licht (7), das von einem im Probenbehälter (2) zwischen den Behälterwänden (4,5) liegenden ersten Objektbereich (8) ausgeht, im Wesentlichen in eine erste Bildebene (9) abzubilden; um Licht, das von einem zweiten Objektbereich (12) ausgeht, der beabstandet vom ersten Objektbereich (8) liegt, im Wesentlichen in eine zweite Bildebene (13) abzubilden; ein Kamerasystem (11) mit einem zweidimensionalen Feld (10) von lichtempfindlichen Zellen; ein Kameraverschiebesystem (14), welches eingerichtet ist, das Kamerasystem (11), insbesondere entlang einer optischen Achse (15) des Objektivs (6), wahlweise in eine erste Stellung oder eine von der ersten Stellung verschiedene zweite Stellung zu bewegen, wobei in der ersten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der ersten Bildebene (9) positioniert sind und wobei in der zweiten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der zweiten Bildebene (13) positioniert sind.

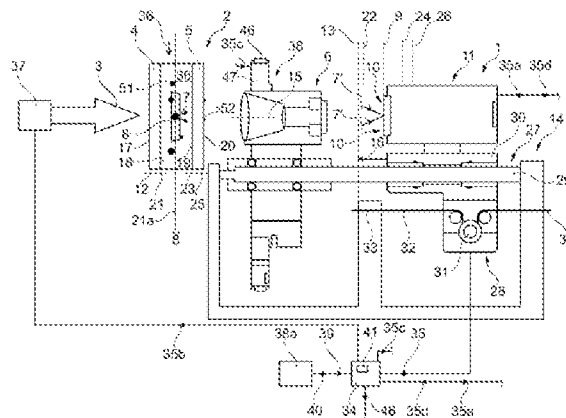


Fig. 1

Z u s a m m e n f a s s u n g

Beschrieben wird eine Vorrichtung (1) zur Charakterisierung einer Probe (36, 51) in einem Fluid und insbesondere zur Charakterisierung eines

5 Probenbehälters (2), wobei die Vorrichtung aufweist: einen Probenbehälter (2) mit für Beleuchtungslicht (3) transparenten Behälterwänden (4,5); mindestens ein Objektiv (6, 42), das in eine Betriebsstellung anordnbar ist, um Licht (7), das von einem im Probenbehälter (2) zwischen den Behälterwänden (4,5) liegenden ersten Objektbereich (8) ausgeht, im Wesentlichen in eine erste

10 Bildebene (9) abzubilden; um Licht, das von einem zweiten Objektbereich (12) ausgeht, der beabstandet vom ersten Objektbereich (8) liegt, im Wesentlichen in eine zweite Bildebene (13) abzubilden; ein Kamerasystem (11) mit einem zweidimensionalen Feld (10) von lichtempfindlichen Zellen; ein Kameraverschiebesystem (14), welches eingerichtet ist, das Kamerasystem

15 (11), insbesondere entlang einer optischen Achse (15) des Objektivs (6), wahlweise in eine erste Stellung oder eine von der ersten Stellung verschiedene zweite Stellung zu bewegen, wobei in der ersten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der ersten Bildebene (9) positioniert sind und wobei in der zweiten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der zweiten

20 Bildebene (13) positioniert sind.

(Figur 1)

Vorrichtung und Verfahren zur Charakterisierung einer Probe und
insbesondere zur Charakterisierung eines Probenbehälters

5

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur
Charakterisierung einer Probe in einem Fluid und insbesondere zur
10 Charakterisierung eines Probenbehälters. Die Charakterisierung der Probe
kann insbesondere durch dynamische Bildanalyse (DIA) durchgeführt werden.

Hintergrund der Erfindung

15 US 2009 185714 A1 offenbart ein Verfahren zur Analyse von Teilchen in einer
flüssigen Probe, wobei die Probe in einem Behälter aufgenommen ist. Es
werden mehrere Bilder der Probe bei verschiedenen Fokusebenen innerhalb
des Probenbehälters aufgenommen. Dabei wird der Probenbehälter
verschoben.

20

EP 3379232 A1 offenbart ein Verfahren zum Charakterisieren von Teilchen in
einer Probe, wobei Streulicht durch eine Interaktion eines
Beleuchtungslichtstrahls mit der Probe erzeugt ist, das gestreute Licht wird
korrigiert und die Teilchencharakteristik wird daraus bestimmt.

25

US 2014 252200 A1 offenbart ein polyfokal-optisches System, welches
eingerichtet ist, eine Mehrzahl von optischen Kanälen zu erzeugen, wobei
jeder mit einem Bild einer entsprechenden Objektebene assoziiert ist.

30

DE 10 2013 019951 A1 offenbart ein Mikroskop, wobei Abbildungsmittel ein
Detektionsobjektiv mit ortsfester Frontoptik und bewegbarer Fokussieroptik
umfassen, wobei die Fokussieroptik hinter der Frontoptik und vor einer
Zwischenbildebene angeordnet ist und zur Höhenverstellung einer

Detektionsebene verstellbar ist.

US 2019 026885 A1 offenbart ein Metrologiesystem, wobei eine Steuerung mit einem Detektor gekoppelt ist, um eine Probe abzubilden, basierend auf dem
5 Licht, was mittels einer Objektivlinse erfasst ist, wobei eine Objektebene des Detektors in Bezug auf die Probe einstellbar ist.

EP 3052921 A1 offenbart ein Turbidimeter, wobei ein Verfahren zum Detektieren von einer Kontamination einer Probenküvette offenbart ist. Weder
10 wird eine bewegliche Optik noch ein beweglicher Detektionsschirm oder -apparat offenbart.

EP 2246692 A1 offenbart ein System, in dem breitbandiges Licht durch eine Messküvette gestrahlt wird und das transmittierte Licht mit einem
15 Referenzwert verglichen wird.

US 2019 219522 A1 offenbart ein Laserprozessierungsgerät, wobei im Falle von Prozessierungsdefekten überprüft wird, ob ein externes optisches System kontaminiert ist oder die Kontamination des externen optischen Systems wird
20 unter Benutzung eines Temperatursensors, eines Streulichtsensoren oder dergleichen detektiert, welche an dem externen optischen System angebracht sind.

US 4492477 A offenbart ein Verfahren zum Überprüfen von ebenen
25 transparenten Oberflächen, um zwischen Flusen in der Materie und Schmutz zu unterscheiden, welcher sich auf der Oberfläche deponiert hat.

GB 2 539 147 B offenbart ein System, wobei zwischen dynamischer Bildanalyse (DIA) und differentieller dynamischer Mikroskopie (DDM)
30 gewechselt werden kann. Hierbei ist ein Strahlungsdetektor fest installiert.

US 10416060 B1 offenbart ein System zur differentiellen Bildanalyse (DIA), wobei eine dreidimensionale Rekonstruktion durchgeführt wird, die aus Bildern

erzeugt wird, die aus drei verschiedenen Raumrichtungen aufgenommen sind.

EP 3207356 B1 offenbart eine Vorrichtung, die ausgebildet ist, Partikel hinsichtlich ihrer Größe und Form zu charakterisieren. Zum Abbilden

5 verschieden großer Messbereiche innerhalb der Probe werden zwei Kameras verwendet.

EP 4012381 A1 offenbart eine Vorrichtung zur Partikelanalyse, die in einem Trägerfluid dispergiert sind.

10

US 10437036 B2 offenbart ein System mit mehreren Kameras, welche einen gleichen Bereich einer Probe aufzunehmen eingerichtet sind, die durch eine Durchflusszelle geführt wird.

15 Herkömmlicherweise wird in Verfahren zur Charakterisierung einer Probe in einem Fluid ein Hintergrundbild aufgenommen, um die Reinheit einer Messzelle zu überprüfen. In einem herkömmlichen Verfahren werden jedoch Kontaminationen auf Messzelloberflächen nicht scharf abgebildet, da sie typischerweise außerhalb des Tiefenschärfenbereichs des Abbildungssystems
20 sind, welches ausgelegt ist, lediglich Teilchen scharf abzubilden, welche sich innerhalb der Messzelle befinden. In den herkömmlich aufgenommenen Bildern können somit Kontaminationen aufgrund der Unschärfe, die sich auf den Oberflächen befinden, nicht identifiziert werden und es kann herkömmlicherweise keine Aussage über den Zustand der Behälteroberflächen
25 getroffen werden.

Herkömmlicherweise liegen somit keine ausreichenden Informationen hinsichtlich der Reinheit der Oberflächen vor und somit kann die Reinheitsprüfung einer subjektiven Bewertung unterliegen oder ein höherer Reinigungsaufwand ist erforderlich, da vorsichtshalber alle Oberflächen gereinigt
30 werden, selbst wenn dies nicht in allen Fällen notwendig ist. Die Reinigungsprozedur kann sehr zeitraubend sein und kann mehrere Stunden in Anspruch nehmen im Vergleich zu einer typischen Messzeit von wenigen Sekunden. Ein Vermeiden von Reinigungsaufwand kann nicht nur Zeit,

sondern auch Kosten sparen.

In herkömmlichen Systemen und Vorrichtungen zum Charakterisieren einer Probe in einem Fluid kann eine etwaig vorhandene Verunreinigung einer
5 Oberfläche eines Probenbehälters zur Verschlechterung von aufgenommenen Bildern der Probe führen. Derartige Bilder können dabei zum Beispiel Merkmale enthalten, die aufgrund einer Verunreinigung und/oder Unversehrtheit einer Probenbehälteroberfläche herrühren. Diese auf den Probenbehälter zurückzuführenden Bildmerkmale können die nachfolgende
10 Auswertung der Bilder zur Charakterisierung der Probe stören bzw. ganz unmöglich machen.

Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren bereitzustellen, welches zur Charakterisierung einer
15 Probe in einem Fluid ausgebildet ist und insbesondere auch zur Charakterisierung eines Probenbehälters, insbesondere hinsichtlich der Reinheit bzw. des Bedeckungsgrades von Probenbehälterwänden ausgebildet ist.

20 Zusammenfassung der Erfindung

Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst, die jeweils auf eine Vorrichtung bzw. auf ein Verfahren zur Charakterisierung einer Probe in einem Fluid und insbesondere zur Charakterisierung eines
25 Probenbehälters gerichtet sind.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zur Charakterisierung einer Probe in einem Fluid und insbesondere zur Charakterisierung eines Probenbehälters bereitgestellt, wobei die Vorrichtung
30 aufweist: einen Probenbehälter mit für Beleuchtungslicht transparenten Behälterwänden; mindestens ein Objektiv, das in eine Betriebsstellung anordnbar ist, um Licht, das von einem im Probenbehälter zwischen den Behälterwänden liegenden ersten Objektbereich ausgeht, im Wesentlichen in

eine erste Bildebene abzubilden; um Licht, das von einem zweiten Objektbereich ausgeht, der beabstandet vom ersten Objektbereich liegt, im Wesentlichen in eine zweite Bildebene abzubilden; ein Kamerasystem mit einem zweidimensionalen Feld von lichtempfindlichen Zellen; ein

- 5 Kameraverschiebesystem, welches eingerichtet ist, das Kamerasystem, insbesondere entlang einer optischen Achse des Objektivs, wahlweise in eine erste Stellung oder eine von der ersten Stellung verschiedene zweite Stellung zu bewegen, wobei in der ersten Stellung die lichtempfindlichen Zellen in der ersten Bildebene positioniert sind und wobei in der zweiten Stellung die
- 10 lichtempfindlichen Zellen in der zweiten Bildebene positioniert sind.

Die Vorrichtung kann insbesondere ausgebildet sein, dynamische Bildanalyse (DIA) und/oder differentielle dynamische Mikroskopie (DDM) durchzuführen.

- 15 Das Fluid kann gasförmig oder flüssig sein. Die Probe kann feste und/oder flüssige Teilchen oder Tröpfchen enthalten. Die Charakterisierung der Probe kann hinsichtlich einer Anzahl der Probenteilchen und/oder Größe und/oder Form der Probenteilchen erfolgen, insbesondere unter Angabe einer Größenverteilung der Teilchen in der Probe. Die Charakterisierung kann auch
- 20 eine Information über eine Größe bzw. Größenverteilung und eine Form bzw. Formverteilung der Teilchen in der Probe umfassen.

- Der zumindest eine Probenbehälter kann zum Beispiel zum Aufnehmen einer (strömenden oder nicht strömenden) Probe in einer Flüssigkeit ausgebildet
- 25 sein. Die Probe kann zum Beispiel in einem flüssigen Medium bzw. in Druckluft dispergiert bzw. enthalten sein.

- Der Probenbehälter kann als ein Probendurchflussbehälter ausgebildet sein, der zum Beispiel i.W. parallel zur Durchflussrichtung Probenbehälterwände aufweist, jedoch in einem Eintrittsbereich der Probe sowie in einem Austrittsbereich der Probe offen ist und keine Behälterwände umfasst. Der Probenbehälter kann in anderen Ausführungsformen beispielsweise auch als
- 30 Küvette ausgeführt sein, wobei dieser Probenbehälter nur an einer Seite offen

sein muss bzw. kann. Die Ausdehnung bzw. Dimension des Probenbehälters kann davon abhängen, ob das Fluid gasförmig oder flüssig ist. Der Probenbehälter kann zur Untersuchung von einer Probe in einem Gas eine größere Querschnittsausdehnung aufweisen als ein Probenbehälter, der zur
5 Untersuchung einer Probe in einer Flüssigkeit ausgebildet ist.

Die Flüssigkeit kann zum Beispiel ein Lösungsmittel, z.B. Wasser und/oder ein organisches Lösungsmittel enthalten. Bei dem Gas kann es sich um ein inertes Gas wie etwa Stickstoff oder auch Luft handeln. Die Probe kann in einem
10 Probenstrom mit insbesondere vorbestimmter Geschwindigkeit bzw. Geschwindigkeitsverteilung durch den Probenbehälter, wenn als Durchflussbehälter ausgeführt, geführt werden. Dazu kann ein Probenstromerzeugungssystem zum Beispiel eine oder mehrere Pumpen umfassend vorgesehen sein. Die Probe kann in einem Kreislauf von dem
15 Probenerzeugungssystem durch den Durchflussprobenbehälter hindurch und wieder zum Probenerzeugungssystem zurückgeführt werden. In anderen Ausführungsformen wird die Probe nicht in einem Kreislauf geführt.

Der Probenbehälter (z.B. für Probe in flüssigem Fluid) kann abnehmbar
20 ausgeführt sein, wobei zum Beispiel die Vorrichtung eine Halterung für den Probenbehälter aufweisen kann, mittels derer der Probenbehälter innerhalb der Vorrichtung gehalten werden kann. Die Vorrichtung kann ferner einen weiteren Probenbehälter aufweisen, der zum Beispiel ausgebildet und dimensioniert ist, eine Probe in einem Gas zu halten bzw. zu führen, um deren
25 Charakterisierung zu ermöglichen.

Der Probenbehälter kann insbesondere aus Glas bzw. Quarzglas bestehen bzw. aufweisen. Die transparenten Behälterwände können zum Beispiel Glas bzw. Quarzglas bzw. andere konventionell verwendete Glasarten oder auch
30 Kunststoff enthalten bzw. aufweisen. Als ein weiteres mögliches Material für transparente Behälterwände kann Saphir verwendet werden (besonders gute Verschleißfestigkeit und daher optimal für die Trockendispergierung geeignet). Als Kunststoff-Materialien für transparente Behälterwände (Kunststofffenster)

können z.B. Polycarbonat, Acrylglas oder Polystyrol verwendet werden.

Die Vorrichtung kann eine Beleuchtungsquelle oder mehrere Beleuchtungsquellen aufweisen, die später beschrieben werden. Das

- 5 Beleuchtungslicht kann zum Beispiel optisch sichtbares Licht und/oder Infrarotlicht und/oder Ultraviolettlicht umfassen.

Das Objektiv kann mehrere in einem Strahlengang hintereinander angeordnete Linsen umfassen. Das Objektiv kann beweglich gehalten sein, um

- 10 es zum Beispiel aus einer Parkposition in die Betriebsstellungsanordnung anordnen zu können. In anderen Ausführungsformen kann das Objektiv fix gehalten sein, ohne beweglich gehalten sein zu müssen. Wenn das Objektiv beweglich gehalten ist, kann vorteilhafterweise gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein weiteres Objektiv in die
- 15 jeweilige Betriebsstellung angeordnet werden, um zum Beispiel die Probe mit einer anderen Vergrößerung abzubilden und somit eine Charakterisierung von Proben zu ermöglichen, welche Teilchen verschiedener Größe enthalten.

Die Vorrichtung ist ausgebildet, ein Verfahren einer Charakterisierung einer

- 20 Probe in einem Fluid und insbesondere einer Charakterisierung eines Probenbehälters durchzuführen. Während der Durchführung des Verfahrens kann das Beleuchtungslicht eine Behälterwand (z.B. eine vordere Behälterwand) und eine andere Behälterwand (z.B. eine hintere Behälterwand) durchstrahlen. Das Beleuchtungslicht kann somit genau zwei Behälterwände
- 25 durchstrahlen sowie die zwischen diesen Behälterwänden befindliche Probe in dem Fluid.

Der erste Objektbereich kann auch als ein Probenobjektbereich definiert bzw. angesehen werden. Der erste Objektbereich kann zum Beispiel als ein

- 30 dreidimensionaler Bereich angesehen werden, der lateral (d.h. senkrecht zur Durchstrahlungsrichtung des Beleuchtungslicht) zum Beispiel eine quadratische oder rechteckige Form hat und/oder entlang der Richtung des Beleuchtungslichts eine bestimmte Dickenausdehnung hat, welche zum

Beispiel gleich oder kleiner ist als der Abstand zwischen den Innenoberflächen der Behälterwände des Probenbehälters.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst der erste Objektbereich keine einzige
5 Oberfläche sowohl der einen Behälterwand als auch der anderen
Behälterwand, welche sich zum Beispiel jeweils senkrecht zu der
Beleuchtungslichtrichtung erstrecken. Der erste Objektbereich kann auch
ferner keine einzige Oberfläche noch weiterer Behälterwände umfassen,
welche sich zum Beispiel parallel zu der Beleuchtungslichtrichtung erstrecken,
10 welche jedoch nicht von dem Beleuchtungslicht transmittiert werden. Der erste
Objektbereich kann zum Beispiel eine Ausdehnung in einer Dickenrichtung
bzw. in einer Richtung einer Beleuchtungslichtrichtung aufweisen, welche
100% bis 50% einer Ausdehnung zwischen Innenoberflächen der einen oder
anderen Behälterwand beträgt. Der erste Objektbereich kann insbesondere
15 eine Ausdehnung in Dickenrichtung bzw. in der Beleuchtungslichtrichtung
aufweisen, welche einem akzeptablen Tiefenschärfenbereich entspricht. Nicht
alle in dem ersten Objektbereich liegenden Objekte, insbesondere Probe oder
Probeteilchen, können oder müssen scharf auf die erste Bildebene abgebildet
werden. Nur in einer ersten Objektebene (z.B. in Beleuchtungslichtrichtung in
20 der Mitte des ersten Objektbereichs liegend) befindlichen Objekte werden auf
die erste Bildebene absolut scharf abgebildet. Außerhalb der ersten
Objektebene liegende, aber innerhalb des ersten Objektbereichs liegende bzw.
strömende Probeteilchen können mit gewisser Unschärfe in die erste Bildebene
abgebildet werden. Diese Unschärfe kann jedoch noch akzeptabel sein, um
25 eine Auswertung von aufgenommenen Bildern zu ermöglichen, insbesondere
mittels DIA.

Der zweite Objektbereich kann entlang der Beleuchtungslichtrichtung
beabstandet von dem ersten Objektbereich liegen und kann bzw. muss
30 insbesondere nicht mit dem ersten Objektbereich überlappen. Zum Beispiel
kann ein Abstand zwischen einer ersten Objektebene (bezüglich derer der
erste Objektbereich symmetrisch angeordnet sein kann), und einer zweiten
Objektebene (bezüglich derer der zweite Objektbereich symmetrisch

angeordnet sein kann) zum Beispiel zwischen 5 und 50% einer Innenausdehnung des Probenbehälters zwischen der einen Behälterwand und der anderen Behälterwand betragen. Der zweite Objektbereich kann, muss jedoch nicht irgendeine Oberfläche einer Probenbehälterwand umfassen.

5

Das zweidimensionale Feld von lichtempfindlichen Zellen kann zum Beispiel als ein CCD-Array oder CMOS-Array ausgebildet sein. Die lichtempfindlichen Zellen können ausgebildet sein, UV-Licht, IR-Licht und/oder sichtbares Licht hinsichtlich dessen Intensität zu detektieren.

10

Das Kameraverschiebesystem kann mehrere mechanische und/oder elektrische und/oder hydraulische Komponenten umfassen. Das Kameraverschiebesystem kann mit einer Steuerung verbunden sein und mechanisch mit dem Kamerasystem gekoppelt sein, wobei das Kamerasystem insbesondere an einer verschiebbaren Komponente des Kameraverschiebesystems angebracht sein kann oder gehalten sein kann.

15

Die optische Achse des Objektivs kann im Wesentlichen einer Beleuchtungslichtrichtung gleichen bzw. entsprechen. Um das Kamerasystem von der ersten Stellung in die zweite Stellung zu bewegen, kann das Kamerasystem um einen vorbestimmten Verschiebungsweg verschoben werden, der zum Beispiel entlang der optischen Achse des Objektivs bzw. entlang der Richtung des Beleuchtungslichts verläuft. Der Verschiebungsweg kann zum Beispiel ein linearer oder gradliniger Verschiebungsweg sein. Das Kamerasystem kann zum Beispiel derart verschoben werden, dass in jeder Verschiebungsstellung, insbesondere auch in der ersten Stellung und der zweiten Stellung, das zweidimensionale Feld von lichtempfindlichen Zellen im Wesentlichen senkrecht zu der optischen Achse des Objektivs angeordnet ist.

20

25

30

Wenn in der ersten Stellung befindlich, kann das Kamerasystem den ersten Objektbereich bzw. den ersten abgebildeten Objektbereich erfassen. In der zweiten Stellung kann das zweidimensionale Feld von lichtempfindlichen Zellen den zweiten abgebildeten Objektbereich erfassen.

Damit ist eine Vorrichtung bereitgestellt, welche zur Abbildung verschiedener Objektbereiche ausgebildet ist, indem lediglich ein Kamerasystem in verschiedene Stellungen gebracht wird. Eine Verschiebung des Objektivs und/oder des Probenbehälters muss dazu nicht erfolgen. Damit kann sowohl eine Charakterisierung einer Probe in einem Fluid als auch eine Charakterisierung eines Probenbehälters in verbesserter Weise durchgeführt werden.

- 10 Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Vorrichtung derart ausgebildet, dass der zweite Objektbereich zumindest eine Oberfläche einer Behälterwand umfasst, oder der zweite Objektbereich außerhalb jeder Oberfläche jeder Behälterwand liegt, insbesondere zwischen den Behälterwänden liegt.

15

Wenn der zweite Objektbereich zumindest eine Oberfläche einer Behälterwand umfasst, kann eine Verunreinigung bzw. Beeinträchtigung dieser Oberfläche der Behälterwand durch Aufnahme entsprechender Bilder und Auswertung entsprechender Bilder durchgeführt werden. Der zweite Objektbereich kann lediglich eine (einzige) Oberfläche einer Behälterwand oder ferner noch eine andere Oberfläche dieser Behälterwand umfassen. Dies kann insbesondere der Fall sein, wenn die Behälterwand relativ dünn ist.

20

- Wenn der zweite Objektbereich keine Oberfläche einer Behälterwand umfasst, sondern zum Beispiel zwischen den Behälterwänden liegt, kann auch in der zweiten Stellung die Probe in dem Fluid durch das Kamerasystem erfasst werden, um auch eine Charakterisierung von Probesteilen ermöglichen, die sich in dem zweiten Objektbereich jedoch nicht in dem ersten Objektbereich befinden. Dies kann zum Beispiel vorteilhaft sein, wenn in verschiedenen Bereichen des Probenbehälters verschiedene Strömungsbedingungen oder Teilchenkonzentrationen vorliegen.

30

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Vorrichtung

derart ausgebildet, dass das in der Betriebsstellung angeordnete Objektiv Licht, das von einem dritten Objektbereich ausgeht, der zumindest eine andere Oberfläche der Behälterwand umfasst, im Wesentlichen in eine dritte Bildebene abbildet; Licht, das von einem vierten Objektbereich ausgeht, der
5 zumindest eine Oberfläche einer anderen Behälterwand umfasst, im Wesentlichen in eine vierte Bildebene abbildet; Licht, das von einem fünften Objektbereich ausgeht, der zumindest eine andere Oberfläche der anderen Behälterwand umfasst, im Wesentlichen in eine fünfte Bildebene abbildet; wobei das Kameraverschiebesystem ferner eingerichtet ist, das
10 Kamerasystem, insbesondere entlang der optischen Achse des Objektivs, ferner wahlweise in eine dritte Stellung oder insbesondere eine vierte Stellung oder insbesondere eine fünfte Stellung zu bewegen, wobei in der dritten Stellung die lichtempfindlichen Zellen in der dritten Bildebene positioniert sind, wobei in der vierten Stellung die lichtempfindlichen Zellen in der vierten
15 Bildebene positioniert sind, wobei in der fünften Stellung die lichtempfindlichen Zellen in der fünften Bildebene positioniert sind.

Es sollte verstanden werden, dass die Vorrichtung ausgebildet sein kann, lediglich das Kamerasystem in eine der dritten, der vierten und der fünften
20 Stellung zu bewegen oder in zwei der dritten oder der vierten oder der fünften Stellung zu bewegen oder in alle drei der dritten, der vierten und der fünften Stellung zu bewegen. Damit kann ermöglicht werden, jede relevante Oberfläche der einen und der anderen Behälterwand bezüglich der Beeinträchtigung bzw. Verunreinigung untersuchen zu können, welche bei
25 einem Messprozess zur Charakterisierung der Probe von dem Beleuchtungslicht durchstrahlt werden.

Durch Auswertung der entsprechenden in den verschiedenen Stellungen erhaltenen Bilder ist es auch ermöglicht, zu identifizieren, welche der
30 durchstrahlten Oberflächen welchen Grad einer Verunreinigung oder Beeinträchtigung aufweisen. Ein Benutzer der Vorrichtung kann dann Abhilfe schaffen, indem die betreffende Oberfläche oder die betreffenden Oberflächen einer Reinigung unterzogen werden. Dabei müssen insbesondere die nicht

übermäßig verunreinigten bzw. sauberen oder unversehrten Oberflächen nicht einer Reinigung unterzogen werden, was den Arbeitsaufwand und den Zeitaufwand reduzieren kann.

- 5 Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Vorrichtung derart ausgebildet, dass die eine Oberfläche der einen Behälterwand eine Außenoberfläche einer vorderen Behälterwand ist, und/oder wobei die andere Oberfläche der einen Behälterwand eine Innenoberfläche der vorderen Behälterwand ist, und/oder wobei die eine Oberfläche der anderen
- 10 Behälterwand eine Innenoberfläche einer hinteren Behälterwand ist, und/oder wobei die andere Oberfläche der anderen Behälterwand eine Außenoberfläche der hinteren Behälterwand ist.

- Die vordere Behälterwand kann näher zu einer Beleuchtungslichtquelle
- 15 angeordnet sein als die hintere Behälterwand. Die jeweiligen Außenoberflächen begrenzen die jeweiligen Behälterwände nach außen und die jeweiligen Innenoberflächen begrenzen die jeweilige Behälterwand nach innen des Probenbehälters. Die Innenoberflächen der einen Behälterwand und der anderen Behälterwand können in Kontakt sein mit bzw. exponiert sein zu der
- 20 Probe in dem Fluid, welche sich innerhalb des Probenbehälters befindet bzw. welche innerhalb des Probenbehälters strömt oder geführt wird.

- Die Vorrichtung kann ausgebildet sein, zumindest Objektbereiche, die die Außenoberflächen der einen Behälterwand und der anderen Behälterwand
- 25 umfassen, optisch zu inspizieren, da insbesondere die Außenoberflächen häufig von einer Verunreinigung betroffen sein können.

- Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind Stellungen des Probenbehälters und/oder des Objektivs in der ersten und der zweiten Stellung
- 30 des Kamerasystems, und insbesondere auch in der dritten, der vierten und der fünften Stellung des Kamerasystems unverändert.

Somit ist es zum Beispiel möglich, die Montierung bzw. Halterung des

Probenbehälters und/oder des Objektivs in einfacher Weise auszuführen, da eine Verschiebbarkeit nicht erforderlich sein muss. Somit braucht lediglich das Kamerasystem verschoben zu werden, um den ersten bzw. den zweiten Objektbereich oder die weiteren Objektbereiche auf die lichtempfindlichen Zellen abzubilden, während die Positionen des Probenbehälters und/oder des Objektivs fix sind.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Vorrichtung ausgebildet, wahlweise in einem Probenmessmodus oder einem Behälterinspektionsmodus betrieben zu werden, wobei das Kameraverschiebesystem ferner eingerichtet ist und/oder angesteuert wird, das Kamerasystem in dem Probenmessmodus automatisch in die erste Stellung zu verbringen und in dem Behälterinspektionsmodus automatisch in zumindest eine der zweiten Stellung, der dritten Stellung, der vierten Stellung oder der fünften Stellung zu verbringen.

Die Vorrichtung kann zum Beispiel ein Benutzerinteraktionssystem oder Benutzereingabesystem umfassen, mittels dessen ein Benutzer den Probenmessmodus bzw. wahlweise den Behälterinspektionsmodus auswählen und/oder starten kann. Weitere Benutzerinteraktion bzw. Benutzereingriff muss nicht notwendig sein. Der Behälterinspektionsmodus kann konfiguriert werden, um etwa lediglich Außenoberflächen der Behälterwände zu inspizieren oder zum Beispiel alle Behälterwandoberflächen jedenfalls der vorderen Behälterwand und der hinteren Behälterwand zu inspizieren. Somit kann eine Handhabung und ein Betrieb der Vorrichtung für einen Benutzer erleichtert sein.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung ferner ein Auswertesystem auf, welches mit dem Kamerasystem verbunden ist, um Bilddaten zu erhalten, wobei das Auswertesystem ausgebildet ist, die in der zweiten Stellung oder der dritten Stellung oder der vierten Stellung oder der fünften Stellung vom Kamerasystem erfassten Bilddaten auszuwerten, um Zustandsinformation zumindest einer

Probenbehälteroberfläche zu bestimmen, wobei die Zustandsinformation insbesondere Information über Bedeckungsgrad und/oder Typ einer Verunreinigung und/oder Reinheit und/oder Verschmutzung und/oder Beschädigung und/oder Unversehrtheit der Oberfläche enthält.

5

In einer einfachen Ausführung kann das Auswertesystem eine visuelle Anzeige, zum Beispiel einen Anzeigeschirm, umfassen, auf dem ein oder mehrere Bilder angezeigt werden können, welche in der zweiten, der dritten, der vierten und/oder der fünften Stellung aufgenommen worden sind. Die
10 angezeigten Bilder können von einem Benutzer inspiziert werden, um zum Beispiel einen Bedeckungsgrad bzw. eine Verunreinigung bzw. eine Reinheit der Oberflächen abschätzen zu können.

In anderen Ausführungsformen kann das Auswertesystem ausgebildet sein,
15 eine Bildanalyse automatisch durchzuführen, um die Zustandsinformation zumindest einer Probenbehälteroberfläche zu bestimmen. Zum Beispiel kann ein mittlerer Grauwert des betreffenden Bildes berechnet und ein „Bedeckungsgrad“ bestimmt werden. Dieser Parameter kann den Anteil der Pixel mit dem Grauwert unter einem bestimmten Grenzwert angeben. Der
20 mittlere Grauwert und/oder der sogenannte Bedeckungsgrad kann zur automatischen Zuordnung des Zustands „sauber“ bzw. „verschmutzt“ genutzt werden. Andere Ausführungsformen können ausgebildet sein, eine Bildverarbeitung durchzuführen, um Kanten in dem Bild zu erkennen bzw. Konturen von Verunreinigungen zu erkennen und zu bestimmen. Es kann auch
25 möglich sein, automatisch zu erkennen, welcher Typ der Verunreinigung auf den Oberflächen vorhanden ist, zum Beispiel ob es sich um Fasern handelt oder eher um großflächige Ablagerungen. Es könnte zum Beispiel auch bestimmt werden, ob eine Oberfläche Kratzer oder Beschädigungen aufweist.

30 Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das Auswertesystem ausgebildet, die in der ersten Stellung vom Kamerasystem erfassten Bilddaten auszuwerten, insbesondere unter Berücksichtigung der Zustandsinformation zumindest einer Probenbehälteroberfläche, insbesondere

unter Verwendung von dynamischer Bildanalyse (DIA), um die Probe hinsichtlich Größe und/oder Form darin enthaltener Probenteilchen zu charakterisieren, insbesondere um eine Größenverteilung der Probenteilchen zu bestimmen.

5

In der ersten Stellung können somit sich bewegende Teilchen innerhalb des Messbehälters abgebildet und erfasst werden, um ihre Größe und/oder Form zu bestimmen. Durch Bilder, welche während des Behälterinspektionsmodus¹ aufgenommen wurden, kann ein Benutzer erkennen, ob alle relevanten

10 Behälteroberflächen sauber sind und/oder welche Oberflächen weitere Reinigung benötigen. Somit können die Messresultate zur Charakterisierung der Probe verbessert werden und die Mühe, den Messbehälter zu reinigen, kann reduziert werden. Zum Beispiel kann der Benutzer durch visuelle
15 Inspektion oder durch automatische Bildanalyse erkennen bzw. angezeigt bekommen, dass Kontamination lediglich an einer der äußeren Oberflächen oder an beiden äußeren Oberflächen vorliegt. Somit braucht eine Öffnung der Zelle, um an die inneren Oberflächen zu gelangen, nicht erforderlich sein. Wenn eine automatische Analyse der Bilder erfolgt, welche in dem Behälterinspektionsmodus aufgenommen wurden, kann die Vorrichtung den
20 Benutzer direkt darüber informieren, welche Behälterwandoberflächen eine Reinigung benötigen.

Die dynamische Bildanalyse (DIA) kann in Ausführungsformen durchgeführt werden. DIA ist ein Verfahren, in dem Bilder von sich bewegenden Teilchen
25 mittels eines optischen Bilderfassungsgerätes erzeugt werden. Wirkungen von Teilchenbewegungen in den Bildern werden entweder mittels der Instrumentierung minimiert oder durch Softwareauswerteprozeduren korrigiert. Anwendung dieses Verfahrens erfordert, dass die Teilchenbilder klar unterscheidbar sind von einem statischen Hintergrund, sodass ein binäres Bild
30 erzeugt werden kann. Somit können die zumindest teilweise prozessierten Bilder eine Information über Vorhandensein bzw. Nicht-Vorhandensein von Teilchen und deren Ausdehnung enthalten. Eine weitere Auswertung des binären Bildes, welches dann als statisch betrachtet wird, wird zum Beispiel in

ISO 13322-1 beschrieben. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwenden Auswerteverfahren gemäß dieses Standards ISO 13322-1 zumindest der jeweilig am Anmeldetag gültigen Fassung. Ein dynamisches Bildanalyse-System ist in der Lage, eine größere Anzahl von Partikeln

5 verglichen zu einem statischen Bildanalyse-System zu messen. Die Messzone (z.B. der erste Objektbereich) ist durch einen Messrahmen gebildet, welcher eine dritte Dimension (z.B. Dickerichtung bzw. Richtung der optischen Achse des Objektivs) von einer akzeptierbaren Tiefenschärfe umfasst.

10 Zur erfolgreichen Anwendung dieses Verfahrens ist es wichtig, dass etwaige Objekte oder Verunreinigungen, welche an der Behälterwandoberfläche anhaften und etwaige Kratzer auf diesen Oberflächen nicht mit Partikeln in der Messzone in den Bildern interferieren bzw. diese stören. Daher müssen die entsprechenden Oberflächen entsprechend sauber sein, bevor die Messung
15 gestartet wird.

Gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird eine ausreichend große Zahl von Teilchen bzw. Partikeln in die Analyse einbezogen, um eine statistische Signifikanz des Ergebnisses zu garantieren. Gemäß

20 Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann mittels DIA als ein Ergebnis eine Größenverteilungsfunktion der in der Probe enthaltenen Teilchen ausgegeben werden. Eine typische Zahl von zu detektierenden Teilchen kann zum Beispiel zwischen 10.000 und 10.000.000 liegen. Diese Anzahl von Teilchen kann zum Beispiel in zwischen 1.000 und 100.000 oder zwischen
25 1.000 und 1.000.000 aufgenommenen Bildern enthalten sein. Die Teilchen innerhalb der Messzone müssen kontinuierlich ausgetauscht werden, um die Teilchenstatistik zu verbessern. Dies kann ein Hauptvorteil von dynamischer Bildanalyse verglichen mit statischer Bildanalyse sein.

30 In DIA kann es erforderlich oder zumindest wichtig sein, statische Partikel oder Merkmale in den Bildern auszuschließen, welche sich nicht bewegen. Statische Partikel müssen jedenfalls von einer Analyse ausgeschlossen werden, da sie nicht Teile der Probe repräsentieren, welche eine strömende

oder sich bewegende Probe umfasst. Statische Partikel können zum Beispiel durch Vereinigungen an den Probenwandoberflächen hervorgerufen sein.

Derartige statische Teilchen könnten das Resultat der Analyse oder Messung negativ beeinflussen, da sie auf jedem Bild erscheinen. Somit ist eine

- 5 Messzelle mit sauberen Fenstern bzw. Oberflächen eine notwendige Voraussetzung für eine erfolgreiche und aussagekräftige Messung.

Grundlagen der dynamischen Bildanalyse werden in ISO 13322-2 beschrieben, die gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu Anwendung

- 10 kommen können Zur Analyse der abgebildeten Teilchen können unterschiedliche Bildverarbeitungsverfahren angewendet werden. Das Ziel ist jeweils die Ermittlung einer Teilchenkontur, welche Pixel mit Teilcheninformation von Pixeln mit Hintergrundinformation trennt. Das Abbildungssystem kann eine zweidimensionale Projektion der
- 15 dreidimensionalen Teilchen aufzeichnen. Daher braucht es grundsätzlich nicht möglich sein, die dreidimensionale Form einzelner Teilchen zu rekonstruieren. Nachdem aber eine große Anzahl unterschiedlicher Teilchen abgebildet wird und deren Orientierung im Raum im Wesentlichen zufällig ist, können auch aus den Projektionen relevante Form- und Größenparameter abgeleitet werden.
- 20 Die Definition entsprechender Kennzahlen kann aus ISO 9276-6 entnommen werden. Die Berechnung von relevanten Mittelwerten und Momenten aus der Stichprobe von Messungen an Einzelteilchen wird in ISO 9276-2 beschrieben, die graphische Darstellung deren Verteilungen in ISO 9276-1.

- 25 Das Beleuchtungsverfahren muss einen ausreichenden Kontrast zwischen dem Hintergrund und dem Vordergrund bereitstellen und somit detektierbare Teilchenkanten. Hintergrundbeleuchtung kann erfordern, eine Lichtquelle und ein Bildaufnahmegerät an entgegengesetzten Seiten des Partikel- oder Probenbehälters vorzusehen. Hintergrundbeleuchtung oder Beleuchtung von
- 30 hinten stellt eine Projektionsfläche oder einen Projektionsbereich wie einen Partikelschatten senkrecht zu der Richtung der Beobachtung bereit (Schatten- oder Hellfeldverfahren). Die aufgenommenen Bilder können Projektionsflächen der Partikel enthalten und Informationen über die Form des Schattens.

Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können Schattenfeld- oder Hellfeldverfahren bereitstellen. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können insbesondere oderschlüssig Hintergrundbeleuchtung verwenden (d.h. „Detektion in Transmission“ – dunkle Teilchen auf hellem Hintergrund);

5 ISO 13322-2 beschreibt aber auch die „Detektion in Reflektion“. Dabei sind Lichtquelle und Kamera auf derselben Seite der Probe und das Licht welches von den Teilchen reflektiert wird, gelangt zur Kamera. In diesem Fall erhält man Bilder mit hellen Teilchen auf dunklem Hintergrund.).

10 Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die erste Bildebene, die zweite Bildebene, insbesondere die dritte Bildebene, die vierte Bildebene, die fünfte Bildebene parallel zueinander ausgerichtet und entlang der optischen Achse des Objektivs, wenn in der Betriebsstellung, paarweise beabstandet sind, wobei das Kameraverschiebesystem ferner eingerichtet ist,
15 das Kamerasystem ausgehend von der ersten Stellung in entgegengesetzte Richtungen um einen Verschiebungsweg zu bewegen, um eine der zweiten, der dritten, der vierten oder der fünften Stellung zu erreichen, wobei der Verschiebungsweg insbesondere zwischen 0,5 mm bis 3 mm oder zwischen 0,5 cm bis 2,5 cm beträgt.

20

Der Verschiebungsweg zwischen den verschiedenen Stellungen kann davon abhängen, welcher Typ oder welche Art eines Probenbehälters eingesetzt ist, was wiederum davon abhängen kann, ob Probenteilchen in einem Gas oder in einer Flüssigkeit enthalten sind. Der Verschiebungsweg kann zum Beispiel
25 zwischen 0,5 mm und 3 mm betragen, falls die Probe eine Probe in einer Flüssigkeit ist, oder zwischen 0,5 bis 2,5 cm betragen, falls die Probe in Gas enthalten ist oder in einem Gas geführt oder strömt.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das
30 Kameraverschiebungssystem eine geradlinige Verschiebungsführung auf; und ein, insbesondere elektrisches, Antriebssystem, das zur Verschiebung des Kamerasystems entlang der Führung mit dem Kamerasystems gekoppelt ist.

- Die Verschiebungsführung kann eine gradlinige Bahn für das Kamerasystem bilden. Die gradlinige Verschiebungsführung kann zum Beispiel im Wesentlichen horizontal angeordnet sein. Die Verschiebungsführung kann zum Beispiel seitliche Verschiebungsführungsrestriktionselemente aufweisen,
- 5 mittels derer das Kamerasystem an einer seitlichen Verschiebung quer zu der optischen Achse des Objektivs gehindert wird. Die Verschiebungsführung kann zum Beispiel ein Querschnittsprofil aufweisen, welches mit einem Querschnittsprofil (eines Halterungsteils) des Kamerasystems im Wesentlichen komplementär ist bzw. korrespondiert. Die Verschiebungsführung kann
- 10 beispielsweise lediglich eine gradlinige Verschiebung entlang der Achse des Objektivs des Kamerasystems erlauben, und eine seitliche Verschiebung verhindern, indem entsprechende körperliche mechanische Führungselemente vorgesehen sind.
- 15 Teile des Antriebssystems können sich bei Verschiebung des Kamerasystems mit diesem mitbewegen bzw. relativ zu diesem fest sein. Das Antriebssystem kann ein Hydrauliksystem und/oder ein pneumatisches System und/oder elektrisches System umfassen.
- 20 Mit Hilfe der gradlinigen Verschiebungsführungen können somit zwei oder mehr der vorangehend erwähnten Bildebenen angefahren werden.

- Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Verschiebungsführung eine Schiene auf; und ein Lager, das angeordnet ist,
- 25 um das Kamerasystem auf der Schiene bewegbar zu lagern, wobei das Antriebssystem eingerichtet und angeordnet ist, um das Kamerasystem relativ zu der Schiene zu bewegen.

- Die Schiene kann ein entsprechendes Querschnittsprofil aufweisen, um das
- 30 Kamerasystem lediglich entlang einer Richtung, nämlich der Richtung der optischen Achse des Objektivs, verschieben zu können, eine Verschiebung quer dazu jedoch zu verhindern. Das Lager kann ein Kugellager, ein Rollenlager oder einen anderen Typ eines Lagers umfassen. Die Schiene kann

relativ zu zum Beispiel dem Objektiv und/oder dem Probenbehälter fix montiert sein. Somit ist eine einfache Implementierung des Kameraverschiebesystems bereitgestellt.

- 5 Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Antriebssystem einen Motor, insbesondere Schrittmotor, der relativ zum Kamerasystem fix montiert ist, um sich mit dem Kamerasystem mitzubewegen; und einen Zahnriemen, der im Eingriff mit dem Motor steht, wobei Enden des Zahnriemens relativ zur Schiene fixiert sind.

10

Der Motor kann in anderen Ausführungsformen fix relativ zur Schiene vorgesehen sein und sich nicht mit dem Kamerasystem mitbewegen. Das Antriebssystem kann zum Beispiel auch statt oder zusätzlich zu einem Zahnriemen eine Zahnstange umfassen, welche von dem Motor bewegt wird, wobei sich die Zahnstange wiederum zusammen mit dem Kamerasystem mitbewegen kann. Dabei kann die Zahnstange an dem Kamerasystem montiert sein. Andere Ausführungsformen sind möglich.

15

- Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung ferner eine Steuerung auf, die mit dem Antriebssystem zur Ansteuerung verbunden ist und ausgebildet ist, Steuersignale an das Antriebssystem zu richten, um das Antriebssystem zu veranlassen, das Kamerasystem wahlweise in die erste Stellung oder zumindest eine der zweiten, der dritten, der vierten oder der fünften Stellung oder insbesondere in die weitere zweite Stellung zu verbringen.

20

- Die Steuerung kann auch einen Prozessor und/oder Softwareanweisungen oder Softwareprogramme umfassen, die zum Beispiel in einem elektronischen Speicher gespeichert sind. Die Steuerung kann zum Beispiel auch mit einem Benutzerinteraktionssystem verbunden sein, welches zum Beispiel einen Bildschirm und eine Benutzereingabevorrichtung enthalten kann. Der Prozessor kann ausgebildet sein, ein oder mehrere Computerprogrammprodukte auszuführen, welche zum Beispiel mittels

30

Programmanweisungen in dem elektrischen Speicher gespeichert sind. Die Anweisungen können Steuerbefehle für eine oder mehrere Komponenten der Vorrichtung ausgeben und/oder können ausgebildet sein, Bildverarbeitung der aufgenommenen Bilder durchzuführen, die entweder in der ersten Stellung
5 oder der zweiten, der dritten, der vierten und/oder der fünften Stellung aufgenommen wurden.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung ferner mindestens ein weiteres Objektiv mit einer anderen
10 Vergrößerung als die des einen Objektivs auf, das in eine Betriebsstellung anordnbar ist, um Licht, das von dem ersten Objektbereich ausgeht, im Wesentlichen in eine weitere erste Bildebene abzubilden, die versetzt zur ersten Bildebene ist; um Licht, das von dem zweiten Objektbereich ausgeht, im Wesentlichen in eine weitere zweite Bildebene abzubilden, die versetzt zur
15 zweiten Bildebene ist; wobei das Kameraverschiebesystem ferner ausgebildet ist, das Kamerasystem, insbesondere entlang einer optischen Achse des Objektivs, wahlweise in eine weitere erste Stellung oder eine weitere zweite Stellung zu bewegen, wobei in der weiteren ersten Stellung die lichtempfindlichen Zellen in der weiteren ersten Bildebene positioniert sind,
20 wobei in der weiteren zweiten Stellung die lichtempfindlichen Zellen in der weiteren zweiten Bildebene positioniert sind, insbesondere ferner aufweisend: ein Objektivwechselsystem, insbesondere Revolversystem mit Schrittmotor, um wahlweise das eine oder das andere Objektiv in die jeweilige Betriebsstellung zu bringen.

25

Ein Hauptzweck des zweiten Objektivs kann es sein, Bilder auch mit einer zweiten anderen Vergrößerung als der ersten Vergrößerung, die das erste Objektiv bereitstellen kann, aufnehmen zu können. Mit einem einzigen Objektiv wäre es zum Beispiel nicht möglich, alle möglichen Teilchengrößen
30 von 0,8 μm bis z.B. 8 mm aufzulösen. Die Brennweite (= Arbeitsabstand) der beiden Objektive kann einen ähnlichen oder gleichen Wert aufweisen, da sie ansonsten weit versetzt zum Beispiel innerhalb eines Revolvers entlang der Beleuchtungsrichtung eingebaut werden müssten. Beide Objektive können

ausgebildet sein, jeweils dieselbe Objektebene abzubilden, jedoch daraus einen Ausschnitt mit lateral verschiedener Größe. Ferner ist gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung die Summe aus Brennweite und Baulänge der beiden Objektive in beiden Fällen ähnlich oder im

- 5 Wesentlichen gleich. Damit kann die Position der jeweiligen Kamera im Messbetrieb ähnlich sein unabhängig davon, welches Objektiv in die entsprechende Betriebsstellung gebracht ist und der Verstellweg der Kamera ist nicht unnötigerweise groß.
- 10 Mittels des weiteren Objektivs können Verunreinigungen auch einer verschiedenen Größe, die sich auf den verschiedenen Oberflächen der Behälterwände befinden könnten, abgebildet bzw. detektiert werden.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der

- 15 Probenbehälter als Durchflussbehälter ausgebildet, wobei die Probe feste oder flüssige Probenteilchen oder Probentröpfchen enthält, die in einem strömenden flüssigen oder gasförmigen Fluid enthalten oder dispergiert sind, wobei der Probenstrom mittels eines Probenstromerzeugungssystems bereitgestellt ist.
- 20 Damit ist große Flexibilität bereitgestellt. Je nachdem, ob das Fluid eine Flüssigkeit oder ein Gas umfasst, kann der Durchflussbehälter verschieden dimensioniert ausgebildet sein. Die Vorrichtung kann somit zum Betrieb von mindestens zwei verschiedenen Durchflussbehältern ausgebildet sein. Die Vorrichtung kann somit insbesondere eine Durchflussbehälterhalterung
- 25 umfassen, mit der der betreffende Durchflussbehälter austauschbar eingesetzt werden kann.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die

- Vorrichtung ferner mindestens eine Beleuchtungsquelle auf, insbesondere zwei
- 30 Beleuchtungsquellen, die jeweils dem mindestens einen Objektiv und dem weiteren Objektiv zugeordnet sind, wobei die eine oder die zwei Beleuchtungsquellen jeweils ausgebildet ist, Lichtpulse einer Dauer von zwischen 50 ns und 500 ns auszusenden und entlang der optischen Achse des

Objektivs auf den Probenbehälter zu richten, um den Probenbehälter inklusive der Probenbehälterwände zu transmittieren.

Die Vorrichtung muss nicht für jedes Objektiv eine Beleuchtungsquelle

- 5 aufweisen. Vorteilhaft kann es jedoch sein, für jedes der zumindest zwei Objektive zugeordnete Lichtquelle vorzusehen, welche zum Beispiel beim Objektivwechsel mit umgeschaltet werden. Aufgrund einer etwaig unterschiedlichen Vergrößerung des einen Objektivs und des weiteren Objektivs kann das beobachtete Bildfeld unterschiedlich groß sein. Die
- 10 Belichtungszeit für das stärker vergrößernde Objektiv wäre zu lange, wenn man die Lichtquelle verwendet, die auch das große Bild des anderen Objektivs beleuchten kann. Impulslänge der Lichtblitze sollte kurzgehalten werden, um ein Verschmieren der abgebildeten Teilchen zu vermeiden oder jedenfalls zu vermindern. Daher kann jeweils für ein benutztes Objektiv eine zugeordnete
- 15 Lichtquelle vorgesehen sein, die den Beleuchtungsstrahl auf die jeweilig abzubildende Fläche (lateraler Ausschnitt) konzentriert, zum Beispiel auf eine kleinere Fläche, wenn das andere Objektiv eine höhere Vergrößerung aufweist. Die Lichtquelle kann zusammen mit dem Objektivwechsel mitumgeschaltet werden. Beide Lichtquellen können den Probenbehälter entlang des im
- 20 Wesentlichen gleichen Lichtpfades beleuchten. Die verschiedenen Strahlen der verschiedenen Lichtquellen können mit einem dichroitischen Spiegel überlagert werden. Daher können die verschiedenen Beleuchtungsquellen Licht unterschiedlicher Wellenlängen erzeugen bzw. Licht verschiedener Wellenlängenbereiche erzeugen und aussenden. Die lichtempfindlichen Zellen
- 25 der Kamera können als monochrome Zellen ausgelegt sein, welche die Lichtintensität unabhängig von der jeweiligen Wellenlänge zu detektieren ausgebildet sind. Zum Beispiel können die Beleuchtungsquellen mittels jeweils einer LED implementiert werden, welche zum Beispiel blau ist oder grün bzw. rot.

30

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Steuerung ferner mit dem Kameraverschiebesystem und/oder dem Kamerasystem und/oder der einen Beleuchtungsquelle und/oder den zwei

Beleuchtungsquellen und/oder dem Objektivwechselsystem und/oder dem Probenstromerzeugungssystem zur jeweiligen Steuerung verbunden ist.

Somit können alle zur Durchführung einer Messung erforderlichen

- 5 Komponenten durch eine zentrale Steuerung ansteuerbar sein, um somit eine Durchführung einfach implementieren zu können.

Es sollte verstanden werden, dass Merkmale, individuell oder in irgendeiner Kombination, welche im Zusammenhang mit einer Vorrichtung zur

- 10 Charakterisierung einer Probe in einem Fluid und insbesondere einer Charakterisierung eines Probenbehälters, beschrieben, erwähnt oder bereitgestellt sind, ebenfalls, individuell oder in irgendeiner Kombination, auf ein Verfahren einer Charakterisierung einer Probe in einem Fluid und insbesondere einer Charakterisierung eines Probenbehälters angewendet oder
15 eingesetzt werden können, gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren einer Charakterisierung einer Probe in einem Fluid und insbesondere einer

- 20 Charakterisierung eines Probenbehälters bereitgestellt, wobei das Verfahren aufweist: Beleuchten eines Probenbehälter mit für Beleuchtungslicht transparenten Behälterwänden; Verwenden mindestens eines in eine Betriebsstellung angeordneten Objektivs; Abbilden, mittels des Objektivs, von Licht, das von einem im Probenbehälter zwischen den Behälterwänden
25 liegenden ersten Objektbereich ausgeht, im Wesentlichen in eine erste Bildebene; Abbilden, mittels des Objektivs, von Licht, das von einem zweiten Objektbereich ausgeht, der beabstandet vom ersten Objektbereich liegt, im Wesentlichen in eine zweite Bildebene; Verwenden eines Kamerasystems mit einem zweidimensionalen Feld von lichtempfindlichen Zellen; Bewegen,
30 insbesondere entlang einer optischen Achse des Objektivs, des Kamerasystems wahlweise in eine erste Stellung oder eine von der ersten Stellung verschiedene zweite Stellung, wobei in der ersten Stellung die lichtempfindlichen Zellen in der ersten Bildebene positioniert sind und wobei in

der zweiten Stellung die lichtempfindlichen Zellen in der zweiten Bildebene positioniert sind; Aufnehmen, mittels des Kamerasystems, von Bilddaten in der ersten Stellung und/oder in der zweiten Stellung.

- 5 Das Verfahren kann insbesondere durch Ansteuerung mittels der Steuerung, die in der Vorrichtung enthalten ist, durchgeführt werden. Die Steuerung kann zum Beispiel durch einen Benutzer mittels des Benutzereingabegerätes konfiguriert bzw. gestartet werden.
- 10 Bevor bezugnehmend auf die Zeichnung exemplarische Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben werden, werden im Weiteren einige technische Überlegungen im Zusammenhang mit der Erfindung dargestellt.

- Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus
- 15 der folgenden beispielhaften Beschreibung derzeit bevorzugter Ausführungsformen, auf die die Erfindung jedoch nicht beschränkt ist. Die einzelnen Figuren der Zeichnung dieses Dokuments sind lediglich als schematisch und als nicht notwendigerweise maßstabsgetreu anzusehen.

20

Kurze Beschreibung der Zeichnung

- Fig. 1 illustriert in schematischer Darstellung eine Vorrichtung zur Charakterisierung einer Probe in einem Fluid und insbesondere zur
- 25 Charakterisierung eines Probenbehälters gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

- Fig. 2 illustriert in einer schematischen Darstellung einer Revolverobjektivwechselsystem, welches zum Beispiel in der in Fig. 1
- 30 illustrierten Vorrichtung vorgesehen sein kann;

Fig. 3 illustriert als ein funktionales Diagramm einer Vorrichtung zur Charakterisierung einer Probe gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden

Erfindung, welche zum Beispiel durch die in Fig. 1 illustrierte Vorrichtung implementiert sein kann;

Fig. 4 und Fig. 5 illustrieren in schematischer und vereinfachter Weise
5 Abbildungsprozesse, die gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ausgeführt werden können;

Fig. 6 illustriert ein Beispiel eines Bildes, welches von der in Fig. 1 illustrierten Vorrichtung aus einem Bereich innerhalb eines Probenbehälters aufgenommen
10 worden ist;

Fig. 7, 8 illustrieren Beispiele von Bildern, welche von der in Fig. 1 illustrierten Vorrichtung von einer Oberfläche eines Probenbehälters aufgenommen worden sind, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden
15 Erfindung.

Detaillierte Beschreibung

20

Die in **Fig. 1** in schematischer Darstellung illustrierte Vorrichtung 1 zur Charakterisierung einer Probe in einem Fluid und insbesondere zur Charakterisierung eines Probenbehälters gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst einen Probenbehälter 2 mit für
25 Beleuchtungslicht 3 transparenten Behälterwänden 4, 5. Die Vorrichtung 1 umfasst ferner mindestens ein Objektiv 6, das in Fig. 1 in einer Betriebsstellung angeordnet ist und insbesondere auch aus dieser Betriebsstellung in eine Nicht-Betriebsstellung bzw. Parkstellung anordnbar ist.

30 In der in Fig. 1 illustrierten Betriebsstellung befindlich bildet das Objektiv 6 Licht 7, das von einem im Probenbehälter 2 zwischen den Behälterwänden 4, 5 liegenden ersten Objektbereich 8 ausgeht, im Wesentlichen in eine erste Bildebene 9 ab. Dabei wird das Licht 7, welches aus dem ersten Objektbereich

8 ausgeht mittels des Objektivs in abgelenkte oder gebrochene Lichtstrahlen 7' abgelenkt, welche auf ein zweidimensionales Feld 10 von lichtempfindlichen Zellen eines Kamerasystems 11 abgebildet bzw. fokussiert werden.

- 5 In der Betriebsstellung befindlich bildet ferner das Objektiv 6 Licht, das von einem zweiten Objektbereich 12 ausgeht, der beabstandet vom ersten Objektbereich 8 liegt, im Wesentlichen in eine zweite Bildebene 13 ab.

10 Die Vorrichtung 1 umfasst ferner das bereits erwähnte Kamerasystem 11 mit dem zweidimensionalen Feld 10 von lichtempfindlichen Zellen, welche nicht im Detail dargestellt sind. Bei den lichtempfindlichen Zellen kann es sich um Monochrom-detektierende CMOS- oder CCD-Zellen handeln.

15 Die Vorrichtung 1 umfasst ferner ein Kameraverschiebesystem 14, welches eingerichtet ist, das Kamerasystem 11, insbesondere entlang einer optischen Achse 15 des Objektivs 6, wahlweise in eine erste Stellung, welche in Fig. 1 illustriert ist, oder in eine von der ersten Stellung verschiedene zweite Stellung zu bewegen. Dabei sind in der ersten Stellung (wie in Fig. 1 illustriert) die lichtempfindlichen Zellen des zweidimensionalen Feldes 10 in der ersten
20 Bildebene 9 positioniert und in der zweiten Stellung sind die lichtempfindlichen Zellen des zweidimensionalen Feldes 10 der zweiten Bildebene 13 positioniert. Um das Kamerasystem 11 in die zweite Stellung zu bringen, kann das Kamerasystem 11 mittels des Kameraverschiebesystems 14 um einen Verschiebungsweg 16 entlang der optischen Achse 15 des Objektivs 6
25 verschoben werden.

In der illustrierten Ausführungsform umfasst der zweite Objektbereich 12 eine Oberfläche 17 der vorderen Behälterwand 4. In anderen Ausführungsformen kann der zweite Objektbereich 12 außerhalb jeder Oberfläche 18, 19, 20 des
30 Probenbehälters 2 liegen. Zum Beispiel kann der zweite Oberflächenbereich auch einen von dem ersten Objektbereich 1 verschiedenen Bereich innerhalb des Probenbehälters 2 umfassen.

Ferner bildet das Objektiv 6, wenn in der Betriebsstellung angeordnet, Licht, das von einem dritten Objektbereich 21 ausgeht, der zumindest eine andere Oberfläche 18 der Behälterwand 4 umfasst, im Wesentlichen in eine dritte Bildebene 22 ab. Ferner bildet das Objektiv Licht, das von einem vierten Objektbereich 23 ausgeht, der zumindest eine Oberfläche 19 der anderen Behälterwand 5 umfasst, im Wesentlichen in eine vierte Bildebene 24 ab. Ferner bildet das Objektiv 6 Licht, welches von einem fünften Objektbereich 25 ausgeht, der zumindest eine andere Oberfläche 20 der anderen Behälterwand 5 umfasst, im Wesentlichen in eine fünfte Bildebene 26 ab.

Das Kameraverschiebesystem 14 ist ferner ausgebildet, das Kamerasystem 11 entlang der optischen Achse 15 des Objektivs wahlweise in eine dritte, vierte und/oder fünfte Stellung zu bewegen, wobei in der dritten Stellung die lichtempfindlichen Zellen des zweidimensionalen Feldes 10 in der dritten Bildebene 22 positioniert sind, in der vierten Stellung in der vierten Bildebene 24 positioniert sind und in der fünften Stellung in der fünften Bildebene 26 positioniert sind.

Um die verschiedenen Objektbereiche 8, 12, 21, 23, 25, d.h. den ersten Objektbereich 8, den zweiten Objektbereich 12, den dritten Objektbereich 21, den vierten Objektbereich 23 oder den fünften Objektbereich 25 jeweils in die erste Bildebene 9, in die zweite Bildebene 13, in die dritte Bildebene 22, in die vierte Bildebene 24 und in die fünfte Bildebene 26 abzubilden, sind Stellungen des Probenbehälters 2 und/oder des Objektivs 6 unverändert.

Wie in Fig. 1 schematisch illustriert ist, sind die erste Bildebene 9, die zweite Bildebene 13, und auch die dritte Bildebene 22 und die vierte Bildebene 24 und die fünfte Bildebene 26 parallel zueinander und entlang der optischen Achse 15 des Objektivs 6 paarweise beabstandet.

Das Kameraverschiebesystem 14 weist eine gradlinige Verschiebungsführung 27 auf und ein insbesondere elektrisches Antriebssystem 28, das zur Verschiebung des Kamerasystems 11 entlang der Führung 27 mit dem

Kamerasystem gekoppelt ist.

Die Verschiebungsführung 27 ist in der in Fig. 1 illustrierten Ausführungsform als eine Schiene 29 ausgebildet und weist ferner ein Lager 30 auf, um das
5 Kamerasystem 11 auf der Schiene 29 zu lagern. Das Antriebssystem 28 ist eingerichtet, um das Kamerasystem 11 relativ zu der Schiene 29 zu bewegen. Das Antriebssystem 28 umfasst einen Motor 31, der relativ zum Kamerasystem 11 fix montiert ist, um sich mit dem Kamerasystem 11 bei Verschiebung desselben mitzubewegen. Das Antriebssystem 28 umfasst ferner
10 einen Zahnriemen 32 (mit in Fig. 1 nicht im Detail illustrierten Zähnen), der in Eingriff mit dem Motor 31 steht, wobei Enden 33 des Zahnriemens relativ zur Schiene 29 fixiert sind.

Die Vorrichtung 1 weist ferner eine Steuerung 34 auf, die zumindest mit dem
15 Antriebssystem 28 zur Ansteuerung verbunden ist und ausgebildet ist, Steuersignale 35 an das Antriebssystem zu richten bzw. sie zu übermitteln, um das Antriebssystem zu veranlassen, das Kamerasystem 11 wahlweise in die erste Stellung oder zumindest eine der zweiten, der dritten, der vierten oder der fünften Stellung und insbesondere in die weitere zweite Stellung zu
20 verbringen.

Die Vorrichtung kann zumindest ein weiteres Objektiv umfassen, welches ebenfalls in einer Betriebsstellung anordnbar ist. Dieses weitere Objektiv wird mit Bezug auf Fig. 2 unten beschrieben.

25 In der in Fig. 1 illustrierten Ausführungsform ist der Probenbehälter 2 als ein Durchflussbehälter ausgebildet, um eine Probe 36, welche im Durchfluss befindlich ist, in einem bestimmten Raumbereich zwischen den Behälterwänden 4 und 5 und weiteren in Fig. 1 nicht illustrierten
30 Behälterwänden zu halten. Die Probe 36 weist Teilchen 51 auf, welche durch den Probenbehälter 2 hindurchströmen. Auf der Oberfläche 20 sind exemplarisch Verunreinigungen 52 dargestellt, welche durch Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung detektiert werden können.

Die Vorrichtung 1 ist ausgebildet einer Charakterisierung einer Probe in einem Fluid und insbesondere einer Charakterisierung eines Probenbehälters auszuführen.

5

Die Vorrichtung 1 umfasst ferner zumindest eine Beleuchtungsquelle 37, welche ausgebildet ist, Lichtpulse einer Dauer von zwischen 50 ns und 500 ns auszusenden und entlang der optischen Achse 15 des Objektivs 6 auf den Probenbehälter 2 zu richten, um den Probenbehälter 2 inklusive

10 Probenbehälterwände 5, 4 sowie der Probe 36 zu transmittieren. Die Steuerung 34 ist ferner über Steuerleitungen mit dem Kameraverschiebesystem 14 und/oder dem Kamerasystem 11 und/oder der Beleuchtungsquelle 37 oder den zwei etwaig vorhandenen Beleuchtungsquellen, einem Objektivwechselsystem 38 und/oder einem in Fig.
15 1 nicht dargestellten Probenstromerzeugungssystem zur jeweiligen Steuerung mittels Steuersignalen 35, 35a, 35b, 35c kommunikativ verbunden und erhält auch Bilddaten 35d von dem Kamerasystem 11.

Die Steuerung 34 kann ferner mit einer Benutzereingabe und -Anzeigeeinheit
20 38a verbunden sein. Die Benutzeranzeige und -Eingabeeinheit 38a kann zum Beispiel einen Anzeigeschirm und eine Eingabeeinheit wie eine Tastatur und eine Maus umfassen. Die Steuerung 34 kann zum Beispiel von einem Benutzer Steuersignale 39 empfangen und Benutzeranzeigedaten 40 an die Benutzereinheit 38a senden. Die Vorrichtung 1 kann zum Beispiel auf
25 Benutzeranfrage hin oder Benutzereingabe hin, in einem Probenmessmodus oder in einem Behälterinspektionsmodus wahlweise betrieben werden, was zum Beispiel durch die Steuerungssignale 39 der Steuereinheit 34 vermittelt wird. Je nach ausgewähltem Betriebsmodus kann die Steuerung sodann das Kamerasystem ansteuern um das Kamerasystem, wenn der
30 Probenmessmodus ausgewählt ist, automatisch in die erste Stellung zu verbringen und, falls der Behälterinspektionsmodus ausgewählt ist, automatisch in die zweite Stellung oder eine der dritten, der vierten, der fünften Stellung zu verbringen.

Die Steuerung oder allgemein die Vorrichtung kann ferner ein Auswertesystem umfassen, welches mit Bezugsziffer 41 bezeichnet ist, und ein Teil oder Untermodul der Steuerung 34 sein kann. Das Auswertesystem 41 kann auch
5 separat von der Steuerung als eine separate Einheit vorgesehen sein. Das System 41 kann ausgebildet sein, aus Bilddaten Zustandsinformation zumindest einer Oberfläche 17, 18, 19, 20 des Probenbehälters 2 zu bestimmen. Ferner kann das Auswertesystem 41 ausgebildet sein, dynamische Bildanalyse durchzuführen und Resultate an die Benutzeranzeige und
10 -Eingabeeinheit 38a zu übermitteln.

Fig. 2 illustriert in einer schematischen Darstellung ein Objektivwechselsystem 38, welches zum Beispiel in der in Fig. 1 illustrierten Vorrichtung 1 enthalten sein kann. Das Objektivwechselsystem 38 erlaubt, das in Fig. 1 illustrierte
15 Objektiv 6 sowie ein weiteres Objektiv 42 jeweils zu halten und wahlweise das Objektiv 6 oder das weitere Objektiv 42 in eine Betriebsstellung anzuordnen, wobei das in die Betriebsstellung angeordnete Objektiv 6 in Fig. 1 illustriert ist. Die Achsen 15 bzw. 43 des Objektivs 6 bzw. des weiteren Objektivs 42 sind in Fig. 2 senkrecht zur Zeichenebene ausgerichtet und sind
20 kollinear mit einer Drehachse 44 des Objektivwechselsystems 38, das hier als ein Revolversystem ausgeführt ist. Ein Motor 45 treibt einen Zahnriemen 46 an, der in Eingriff mit Zähnen einer Kreisscheibe 47 steht, welche in Öffnungen die Objektive 6, 42 haltet.

25 Durch Ansteuerung des Motors 45, etwa mittels der in Fig. 1 illustrierten Steuerung 34 (siehe Steuersignale 46b, 35c) kann das weitere Objektiv 42 in die Betriebsstellung gebracht werden, in der sich in Fig. 2 das Objektiv 6 befindet. Das weitere Objektiv bildet in Analogie zu dem Objektiv 6 die verschiedenen Objektbereiche 8, 12, 21, 23, 25 in weitere Bildebenen ab, die
30 versetzt sind von den Bildebenen, in die das eine Objektiv 6 diese Objektbereiche abbildet. Das weitere Objektiv 42 hat eine andere Vergrößerung als das Objektiv 6. Die Brennweite beider Objektive 6 und 42 kann im Wesentlichen gleich oder ähnlich sein.

Fig. 3 illustriert die in Fig. 1 illustrierte Vorrichtung als ein funktionales Diagramm. Die Vorrichtung 1 umfasst ein Beleuchtungssystem 37, einen Probenbehälter 2, einen Objektivrevolver 38, ein Kamerasystem 11, ein Kameraverschiebungssystem 14, einen Revolverantrieb 45, ein Probendispersions- und Flusserzeugungssystem 48 sowie einen Lichtpulstreiber 49. Der Lichtpulstreiber 49 steuert die Beleuchtungsquelle 37 an. Das Probendispersions- und Durchflusssystem 48 führt eine Probe dem Probenbehälter 2 zu. Der Revolverantrieb 45 steuert den Objektivrevolver 38 an. Das Kameraverschiebungssystem 14 verschiebt das Kamerasystem 11. Alle oder Teile der funktionalen Module sind durch die Steuerung 34 angesteuert.

Fig. 4 und 5 illustrieren in vereinfachter schematischer Darstellung Stellungen des Feldes 10 von lichtempfindlichen Zellen in einer ersten Stellung bzw. in einer zweiten Stellung. Ein Partikelstrom 36 wird durch den Probenbehälter 2 geführt, welcher durch Probenbehälterwände 4 und 5 begrenzt ist.

In der in Fig. 4 illustrierten Stellung wird der erste Objektbereich 8, welcher sich zwischen den Behälterwänden 4 und 5 befindet, mittels des Objektivs 6 in die erste Bildebene 9 abgebildet, in der sich das Feld 10 der lichtempfindlichen Zellen befindet.

In der in Fig. 5 illustrierten Stellung wird der zweite Objektbereich 12, welcher eine Oberfläche 17 der vorderen Behälterwand 4 umfasst, mittels des Objektivs 6 in die zweite Bildebene 13 abgebildet, in der sich das Feld 10 der lichtempfindlichen Zellen befindet. In den Fig. 4 und 5 sind ferner die Größen S_0 , S_i , f eingetragen, welche jeweils den Objekt- und den Bildabstand sowie die Brennweite repräsentieren. In einer einfachen Darstellung gilt für dünne Linsen die sogenannte Linsengleichung:

$$1/S_i + 1/S_o = 1/f$$

Ein optisches System oder ein Bildsystem kann durch seine Objektebene, seine Bildebene und die Vergrößerung beschrieben werden. Die Objektebene enthält das Objekt, was scharf auf die Bildebene abzubilden ist. Die Objektebene (z.B. Ebene 21a innerhalb des ersten Objektbereichs 8) liegt senkrecht zu der optischen Achse 15 des Objektivs 6. Die Bildebene ist die Stelle des projizierten Bildes des Objektes. Die Bildebene koinzidiert mit der Stellung des Bildsensors 10. In Fig. 4 liegt das Feld 10 der lichtempfindlichen Zellen in der ersten Bildebene 9. In Fig. 5 liegt das Feld 10 der lichtempfindlichen Zellen in der zweiten Bildebene 13.

10

Für eine dünne Linse werden die Abstände S_0 und S_i von dem Objekt bzw. dem Bild zu der Position der Linse gemessen. Wenn das Objektiv 6 aus mehreren Linsen besteht, wird stattdessen von den Hauptebenen der Linse zu jeweils der Objektebene bzw. der Bildebene gemessen. Das Objektiv 6 umfasst mehrere Linsenelemente, um für verschiedene optische Effekte zu korrigieren, wie sphärische Aberation, chromatische Aberation, Distorsion oder Astigmatismus. Aus praktischen Gründen ist die Abbildung von realen Objekten nicht auf die jeweilige Objektebene beschränkt. Die Tiefenschärfe (DOF) ist der Abstand zwischen dem nächsten und dem weitesten Objekt, welche in einem akzeptablen scharfen Fokus abgebildet werden. Die akzeptierbare Fokussierung hängt von der jeweiligen Anwendung ab. In einer festen Anordnung von Abbildungsoptik und Bildebene ist die Stelle der Objektebene definiert. Der Abstand zwischen der vorderen Kante der Objektlinse und dem Objekt, wenn es scharf fokussiert ist, wird als ein Arbeitsabstand des Bildgebungssystems bezeichnet.

15

20

In mehreren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird das Kamerasystem 11 relativ zu dem Objektiv 6 bewegt, um das jeweilig interessierende Objekt zur Abbildung zu bringen. Typischerweise wird die Tiefenschärfe etwa auf die Dicke 50 des Probenbehälters 2 eingestellt, wobei die Dicke 50 dem Abstand zwischen den Innenoberflächen 18 und 20 der Behälterwände 4 und 5 entspricht. Somit überdeckt die Tiefenschärfe die gesamte Breite der Messzelle bzw. des Probenbehälters 2. Allerdings sollten

30

die Oberflächen 18 und 20 außerhalb der Tiefenschärfe liegen, um diese Strukturen nicht in die aufgenommenen Bilder abzubilden und die Analyse möglicherweise zu stören.

- 5 Um die Reinheit der Messzelle bzw. des Messbehälters 2 prüfen bzw. zu bestimmen, muss die Objekzebene 21a zu den Oberflächen 18 oder 20 der Behälterwände verschoben werden. Da es häufig schwierig ist, das gesamte Abbildungssystem inklusive des Objektivs relativ zu der Messzelle zu verschieben oder auch die Messzelle 2 zu verschieben, wird gemäß einer
- 10 Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Kamerasystem 11 ausschließlich verschoben und der Probenbehälter 2 und das Objektiv 5 wird in der Position unverändert belassen. Damit ist der mechanische Aufwand vermindert. Auch wenn sich die Vergrößerung damit ändern kann, kann nichtsdestotrotz die Reinheit der Oberflächen bestimmt werden.
- 15 Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erlauben mit einem reduzierten mechanischen Aufwand, alle relevanten Probenbehälteroberflächen abzubilden. Jede individuelle Oberfläche des Probenbehälters kann gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung hinsichtlich der Reinheit bzw.
- 20 der Unversehrtheit überprüft werden. Automatische Detektion von scharf abgebildeten Strukturen auf jeder Oberfläche mittels einer Bildanalyse ist möglich.

- Der Benutzer der Vorrichtung kann den Reinigungsaufwand reduzieren, weil
- 25 nunmehr Information darüber vorliegt, welche der Oberflächen kontaminiert ist, entweder durch visuelle Inspektion aller Oberflächen mittels des Benutzers bzw. durch eine automatische Detektion der Kontamination durch eine Software. Dabei kann automatisch eine Information für den Benutzer erzeugt werden hinsichtlich des Reinigungszustandes des Probenbehälters.

30

Fig. 6 illustriert ein von der Vorrichtung 1 (illustriert in Fig. 1) aufgenommenes Bild, wenn das Feld 10 der lichtempfindlichen Zellen des Kamerasystems 11 in der ersten Bildebene 9 positioniert ist und eine Probe 36

durch den Probenbehälter 2 strömt. In Fig. 6 sind sphärische Teilchen ungefähr derselben Größe aber bei verschiedenen Positionen innerhalb des Behälters abgebildet mit einer Backlight-Beleuchtung oder Hintergrundbeleuchtung, die gemäß Ausführungsformen der Erfindung zur Anwendung kommen kann.

Bei der Hintergrundbeleuchtung befinden sich Lichtquelle und Abbildungssystem auf unterschiedlichen Seiten der Probenzelle. Die Lichtquelle leuchtet entlang der optischen Achse in Richtung der Kamera. Dadurch soll eine möglichst homogene Ausleuchtung des gesamten Bildfeldes erreicht werden. Objekte, die sich in der Objektebene befinden, blockieren bestimmte Lichtwege der Beleuchtung und erzeugen einen scharf abgegrenzten Bereich in der Bildebene, den kein Licht erreichen kann. Dadurch erhält man dunkle Projektionen der Teilchen auf einem ansonsten hellen Hintergrund. Befindet sich das Teilchen außerhalb der Objektebene, so ist der abgeschattete Bereich in der Bildebene nicht mehr scharf abgegrenzt. Die Projektion erscheint unscharf und die genaue Lage der Teilchenkante kann weniger genau bestimmt werden.

Die Teilchen, welche sich nahe der ersten Objektebene 21a (innerhalb des ersten Objektbereichs 8) befinden, sind scharf abgebildet und die Teilchen, die sich weiter entfernt von der ersten Objektebene 21a befinden, aber noch innerhalb des ersten Objektbereichs 8, werden verschwommen abgebildet. Die Fig. 6 weist jedoch keinerlei Merkmale der Oberflächen der Behälterwände auf.

Fig. 7 illustriert ein Bild, welches von der in Fig. 1 illustrierten Vorrichtung 1 aufgenommen wurde, während das Feld 10 der lichtempfindlichen Zellen des Kamerasystems 11 in der zweiten Bildebene 13 positioniert ist. Dabei wird somit der zweite Objektbereich 12, welcher die Außenoberfläche 17 der Behälterwand 4 umfasst, auf die lichtempfindlichen Zellen abgebildet. Fig. 7 zeigt somit ein Bild der Außenoberfläche des Probenbehälters. In Fig. 7 sind Fasern und andere Kontaminationen auf dieser Oberfläche scharf abgebildet. Das Bild 7 kann entweder durch eine Benutzerinspektion oder automatisch ausgewertet werden, um einen Kontaminationsgrad oder Bedeckungsgrad zu

bestimmen. Basierend auf dieser Auswertung oder basierend auf dem Resultat der Analyse kann zum Beispiel eine Reinigung lediglich der betroffenen Oberfläche durchgeführt werden.

- 5 **Fig. 8** zeigt ein weiteres Beispiel eines Bildes, wenn die erste Oberfläche 17 der Behälterwand 4 abgebildet wird. Im Gegensatz zu Fig. 7 werden in Fig. 8 keine Strukturen erkannt. Es kann somit geschlossen werden, dass diejenige Oberfläche ausreichend sauber ist. In diesem Fall muss keine Reinigung durchgeführt werden. Damit kann bestimmt werden, dass die Messzelle nicht
10 geöffnet werden muss, um innere Oberflächen zu erreichen. Deswegen kann das vorliegende Verfahren dabei helfen, den Reinigungsaufwand der Messzelle dramatisch zu reduzieren, was auch Zeit und Kosten ersparen kann.

- Es wird angemerkt, dass der Begriff "aufweisen" nicht andere Elemente
15 ausschließt und dass das "ein" nicht eine Mehrzahl ausschließt. Auch können Elemente, die in Zusammenhang mit unterschiedlichen Ausführungsbeispielen beschrieben sind, kombiniert werden. Es sollte auch angemerkt werden, dass Bezugszeichen in den Ansprüchen nicht als den Schutzbereich der Ansprüche beschränkend ausgelegt werden sollen.

20

25

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Vorrichtung (1) zur Charakterisierung einer Probe (36, 51) in einem Fluid und insbesondere zur Charakterisierung eines Probenbehälters (2), wobei die
5 Vorrichtung aufweist:

einen Probenbehälter (2) mit für Beleuchtungslicht (3) transparenten Behälterwänden (4,5);

mindestens ein Objektiv (6, 42), das in eine Betriebsstellung anordnbar ist,

10 um Licht (7), das von einem im Probenbehälter (2) zwischen den Behälterwänden (4,5) liegenden ersten Objektbereich (8) ausgeht, im Wesentlichen in eine erste Bildebene (9) abzubilden;

um Licht, das von einem zweiten Objektbereich (12) ausgeht, der beabstandet vom ersten Objektbereich (8) liegt, im Wesentlichen in eine
15 zweite Bildebene (13) abzubilden;

ein Kamerasystem (11) mit einem zweidimensionalen Feld (10) von lichtempfindlichen Zellen;

ein Kameraverschiebesystem (14), welches eingerichtet ist, das Kamerasystem (11), insbesondere entlang einer optischen Achse (15) des
20 Objektivs (6), wahlweise in eine erste Stellung oder eine von der ersten Stellung verschiedene zweite Stellung zu bewegen,

wobei in der ersten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der ersten Bildebene (9) positioniert sind und

wobei in der zweiten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der
25 zweiten Bildebene (13) positioniert sind.

2. Vorrichtung gemäß dem vorangehenden Anspruch,

wobei der zweite Objektbereich (12) zumindest eine Oberfläche (17) einer Behälterwand (4) umfasst, oder

30 wobei der zweite Objektbereich außerhalb jeder Oberfläche jeder Behälterwand liegt, insbesondere zwischen den Behälterwänden liegt.

3. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das in der

Betriebsstellung angeordnete Objektiv

Licht, das von einem dritten Objektbereich (21) ausgeht, der zumindest eine andere Oberfläche der Behälterwand umfasst, im Wesentlichen in eine dritte Bildebene (22) abbildet;

5 Licht, das von einem vierten Objektbereich (23) ausgeht, der zumindest eine Oberfläche einer anderen Behälterwand umfasst, im Wesentlichen in eine vierte Bildebene (24) abbildet;

Licht, das von einem fünften Objektbereich (25) ausgeht, der zumindest eine andere Oberfläche der anderen Behälterwand umfasst, im Wesentlichen
10 in eine fünfte Bildebene (26) abbildet;

wobei das Kameraverschiebesystem ferner eingerichtet ist, das Kamerasystem (11), insbesondere entlang der optischen Achse des Objektivs, ferner wahlweise in eine dritte Stellung oder insbesondere eine vierte Stellung oder insbesondere eine fünfte Stellung zu bewegen,

15 wobei in der dritten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der dritten Bildebene (22) positioniert sind,

wobei in der vierten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der vierten Bildebene (24) positioniert sind,

wobei in der fünften Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der
20 fünften Bildebene (26) positioniert sind.

4. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die eine Oberfläche der einen Behälterwand eine Außenoberfläche (17) einer vorderen Behälterwand (4) ist, und/oder

25 wobei die andere Oberfläche der einen Behälterwand eine Innenoberfläche (18) der vorderen Behälterwand (4) ist, und/oder

wobei die eine Oberfläche der anderen Behälterwand eine Innenoberfläche (19) einer hinteren Behälterwand (5) ist, und/oder

wobei die andere Oberfläche der anderen Behälterwand eine
30 Außenoberfläche (20) der hinteren Behälterwand (5) ist.

5. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei Stellungen des Probenbehälters und/oder des Objektivs (6) in der ersten und der zweiten

Stellung des Kamerasystems (11), und insbesondere auch in der dritten, der vierten und der fünften Stellung des Kamerasystems unverändert sind.

6. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

5 wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, wahlweise in einem Probenmessmodus oder einem Behälterinspektionsmodus betrieben zu werden,

wobei das Kameraverschiebesystem (14) ferner eingerichtet ist und/oder angesteuert wird, das Kamerasystem (11) in dem Probenmessmodus
10 automatisch in die erste Stellung zu verbringen und in dem Behälterinspektionsmodus automatisch in zumindest eine der zweiten Stellung, der dritten Stellung, der vierten Stellung oder der fünften Stellung zu verbringen.

15 7. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, ferner aufweisend:

eine Auswertesystem (41), welches mit dem Kamerasystem (11) verbunden ist, um Bilddaten zu erhalten,
wobei das Auswertesystem ausgebildet ist, die in der zweiten Stellung oder
20 der dritten Stellung oder der vierten Stellung oder der fünften Stellung vom Kamerasystem erfassten Bilddaten auszuwerten, um Zustandsinformation zumindest einer Probenbehälteroberfläche (17, 18, 19, 20) zu bestimmen, wobei die Zustandsinformation insbesondere Information über Bedeckungsgrad und/oder Typ einer Verunreinigung und/oder Reinheit
25 und/oder Verschmutzung und/oder Beschädigung und/oder Unversehrtheit der Oberfläche enthält.

8. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Auswertesystem ausgebildet ist, die in der ersten Stellung vom Kamerasystem
30 (11) erfassten Bilddaten auszuwerten, insbesondere unter Berücksichtigung der Zustandsinformation zumindest einer Probenbehälteroberfläche, insbesondere unter Verwendung von dynamischer Bildanalyse (DIA), um die Probe hinsichtlich Größe und/oder Form darin enthaltener Probenteilchen zu

charakterisieren, insbesondere um eine Größenverteilung der Probenteilchen zu bestimmen.

9. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

- 5 wobei die erste Bildebene (9), die zweite Bildebene (13), insbesondere die dritte Bildebene (22), die vierte Bildebene (24), die fünfte Bildebene (26) parallel zueinander ausgerichtet und entlang der optischen Achse (15) des Objektivs, wenn in der Betriebsstellung, paarweise beabstandet sind,
- wobei das Kameraverschiebesystem (14) ferner eingerichtet ist, das
- 10 Kamerasystem (11) ausgehend von der ersten Stellung in entgegengesetzte Richtungen um einen Verschiebungsweg (16) zu bewegen, um eine der zweiten, der dritten, der vierten oder der fünften Stellung zu erreichen, wobei der Verschiebungsweg insbesondere zwischen 0,5 mm bis 3 mm oder zwischen 0,5 cm bis 2,5 cm beträgt.

15

10. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Kameraverschiebesystem (14) aufweist:

- eine geradlinige Verschiebungsführung (27); und
- ein, insbesondere elektrisches, Antriebssystem (28), das zur
- 20 Verschiebung des Kamerasystems entlang der Verschiebungsführung (27) mit dem Kamerasystems gekoppelt ist.

11. Vorrichtung gemäß dem vorangehenden Anspruch,

wobei die Verschiebungsführung (27) aufweist:

- 25 eine Schiene (29); und
- ein Lager (30), das angeordnet ist, um das Kamerasystem auf der Schiene bewegbar zu lagern,
- wobei das Antriebssystem (28) eingerichtet und angeordnet ist, um das Kamerasystem relativ zu der Schiene (29) zu bewegen.

30

12. Vorrichtung gemäß dem vorangehenden Anspruch, wobei das

Antriebssystem umfasst:

- einen Motor (31), insbesondere Schrittmotor, der relativ zum

Kamerasystem (11) fix montiert ist, um sich mit dem Kamerasystem mitzubewegen; und

einen Zahnriemen (32), der im Eingriff mit dem Motor steht, wobei Enden (33) des Zahnriemens (32) relativ zur Schiene fixiert sind.

5

13. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche 10 bis 12, ferner aufweisend:

eine Steuerung (34), die mit dem Antriebssystem (28) zur Ansteuerung verbunden ist und ausgebildet ist, Steuersignale (35) an das Antriebssystem (28) zu richten, um das Antriebssystem zu veranlassen, das Kamerasystem (11) wahlweise in die erste Stellung oder zumindest eine der zweiten, der dritten, der vierten oder der fünften Stellung oder insbesondere in die weitere zweite Stellung zu verbringen.

10

15

14. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, ferner aufweisend:

mindestens ein weiteres Objektiv (42) mit einer anderen Vergrößerung als die des einen Objektivs (6), das in eine Betriebsstellung anordnbar ist,

20

um Licht, das von dem ersten Objektbereich (8) ausgeht, im Wesentlichen in eine weitere erste Bildebene abzubilden, die versetzt zur ersten Bildebene ist;

um Licht, das von dem zweiten Objektbereich (12) ausgeht, im Wesentlichen in eine weitere zweite Bildebene abzubilden, die versetzt zur zweiten Bildebene ist;

25

wobei das Kameraverschiebesystem ferner ausgebildet ist, das Kamerasystem, insbesondere entlang einer optischen Achse des Objektivs, wahlweise in eine weitere erste Stellung oder eine weitere zweite Stellung zu bewegen,

wobei in der weiteren ersten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der weiteren ersten Bildebene positioniert sind,

30

wobei in der weiteren zweiten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der weiteren zweiten Bildebene positioniert sind,

insbesondere ferner aufweisend:

ein Objektivwechselsystem (38), insbesondere Revolversystem mit

Schrittmotor (45), um wahlweise das eine (6) oder das andere Objektiv (42) in die jeweilige Betriebsstellung zu bringen.

15. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der
5 Probenbehälter (2) als Durchflussbehälter ausgebildet ist, wobei die Probe (36) feste oder flüssige Probenteilchen (51) oder Probentröpfchen enthält, die in einem strömenden flüssigen oder gasförmigen Fluid enthalten oder dispergiert sind, wobei der Probenstrom mittels eines Probenstromerzeugungssystems bereitgestellt ist.

10 16. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, ferner aufweisend:

mindestens eine Beleuchtungsquelle (37), insbesondere zwei
Beleuchtungsquellen, die jeweils dem mindestens einen Objektiv (6) und dem
15 weiteren Objektiv (42) zugeordnet sind, wobei die eine oder die zwei Beleuchtungsquellen jeweils ausgebildet ist, Lichtpulse einer Dauer von zwischen 50 ns und 500 ns auszusenden und entlang der optischen Achse (15) des Objektivs auf den Probenbehälter (2) zu richten, um den Probenbehälter inklusive der Probenbehälterwände zu transmittieren.

20 17. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (34) ferner mit dem Kameraverschiebesystem (14) und/oder dem Kamerasystem (11) und/oder der einen Beleuchtungsquelle (37) und/oder den zwei Beleuchtungsquellen und/oder dem Objektivwechselsystem (38)
25 und/oder dem Probenstromerzeugungssystem zur jeweiligen Steuerung verbunden ist.

18. Verfahren einer Charakterisierung einer Probe (36, 51) in einem Fluid und insbesondere einer Charakterisierung eines Probenbehälters (2), wobei das
30 Verfahren aufweist:

Beleuchten eines Probenbehälter (2) mit für Beleuchtungslicht (3) transparenten Behälterwänden (4,5);

Verwenden mindestens eines in eine Betriebsstellung angeordneten

Objektivs (6);

Abbilden, mittels des Objektivs (6), von Licht (7), das von einem im Probenbehälter (2) zwischen den Behälterwänden (4,5) liegenden ersten Objektbereich (8) ausgeht, im Wesentlichen in eine erste Bildebene (9);

5 Abbilden, mittels des Objektivs (6), von Licht, das von einem zweiten Objektbereich (12) ausgeht, der beabstandet vom ersten Objektbereich liegt, im Wesentlichen in eine zweite Bildebene (13);

Verwenden eines Kamerasystems (11) mit einem zweidimensionalen Feld (10) von lichtempfindlichen Zellen;

10 Bewegen, insbesondere entlang einer optischen Achse (15) des Objektivs, des Kamerasystems (11) wahlweise in eine erste Stellung oder eine von der ersten Stellung verschiedene zweite Stellung,

wobei in der ersten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der ersten Bildebene (9) positioniert sind und

15 wobei in der zweiten Stellung die lichtempfindlichen Zellen (10) in der zweiten Bildebene (13) positioniert sind;

Aufnehmen, mittels des Kamerasystems (11), von Bilddaten in der ersten Stellung und/oder in der zweiten Stellung.

20

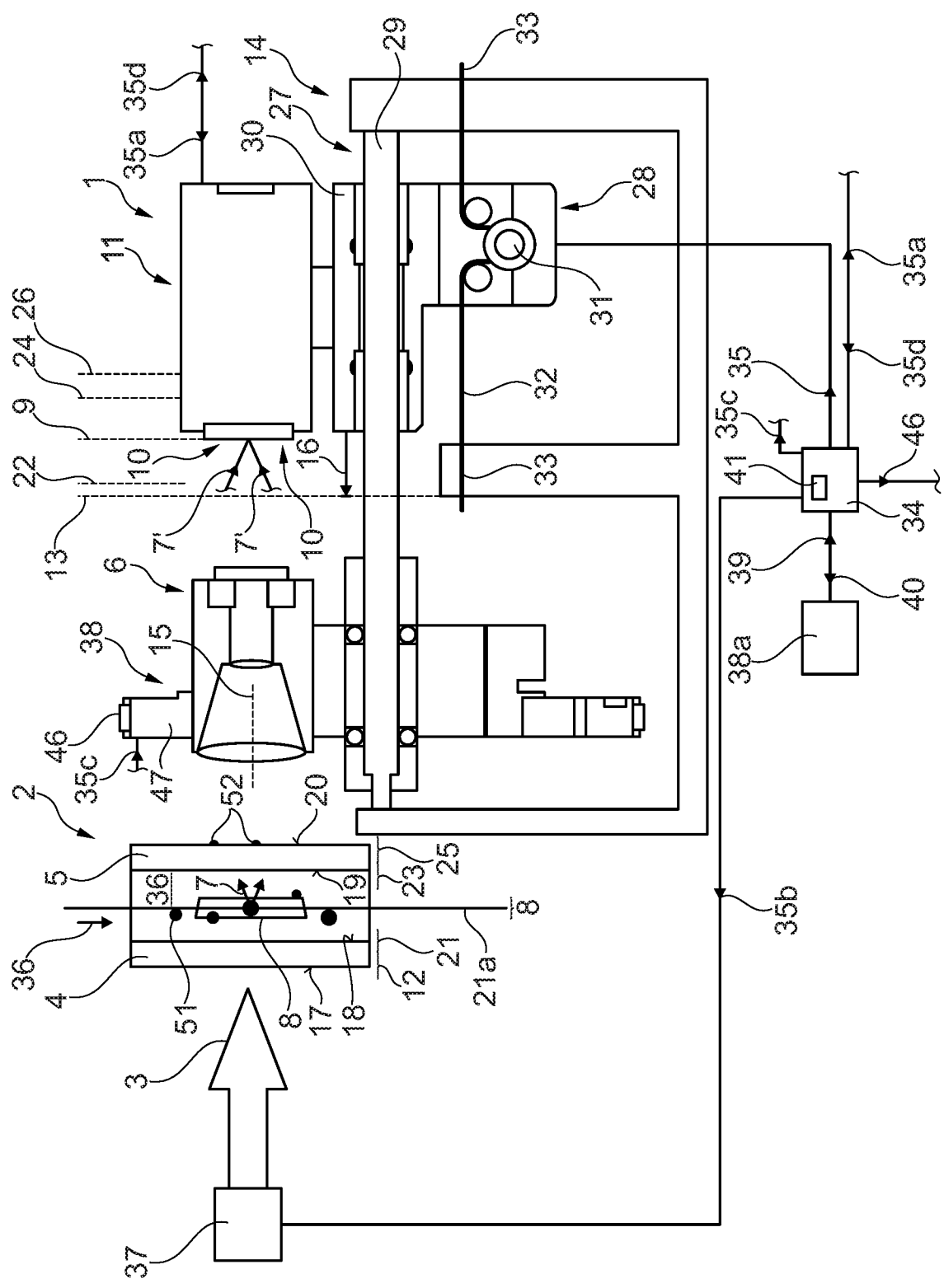


Fig. 1

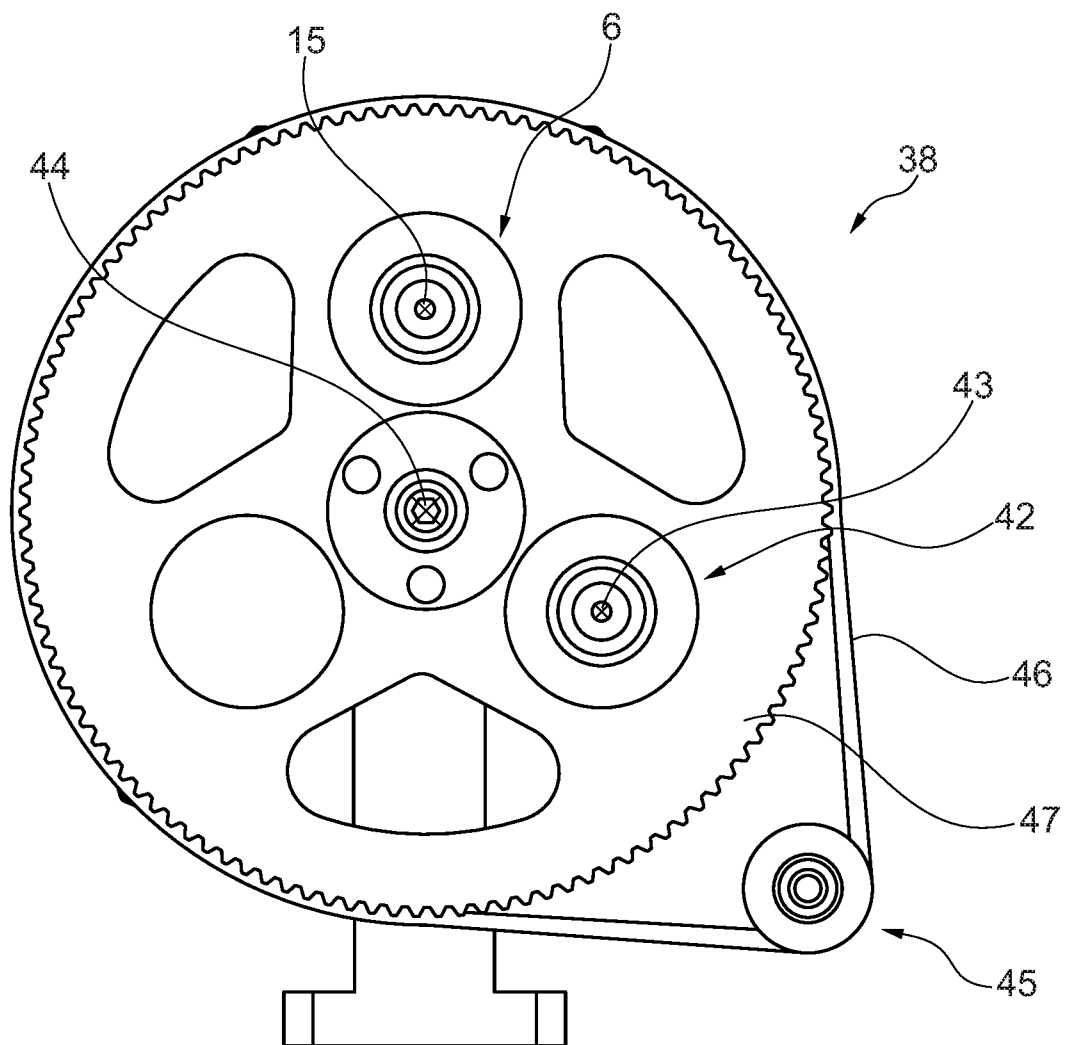


Fig. 2

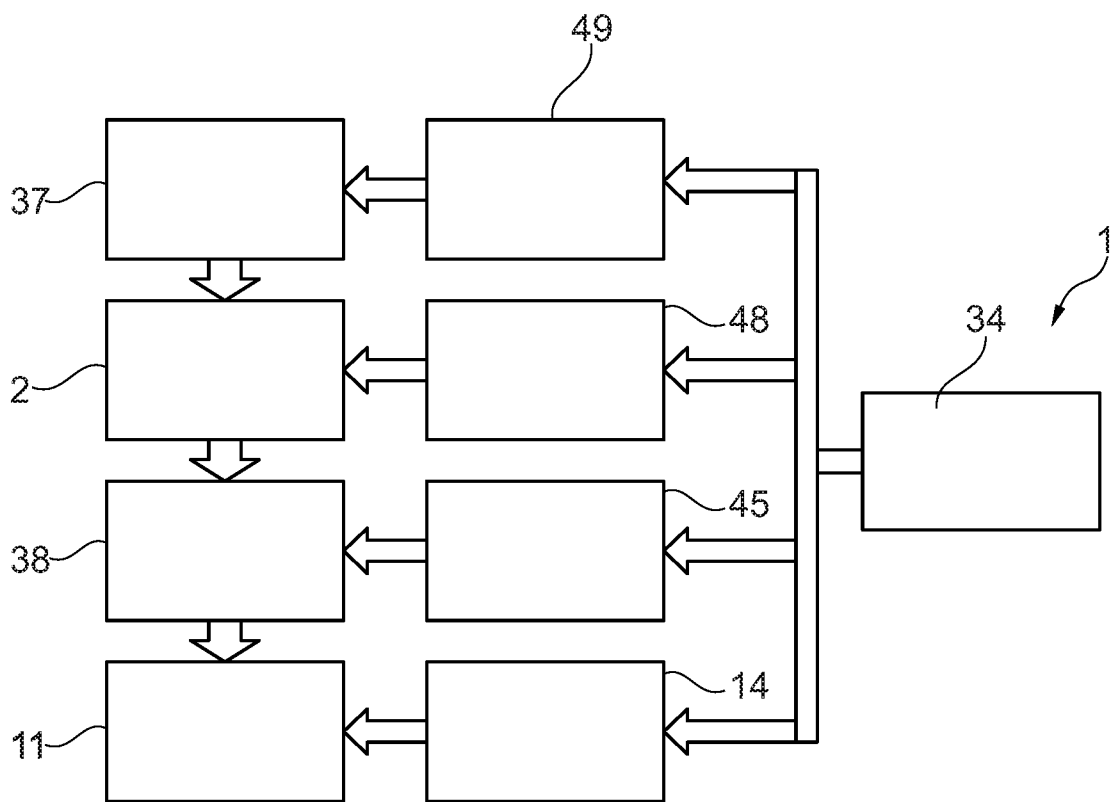


Fig. 3

4/6

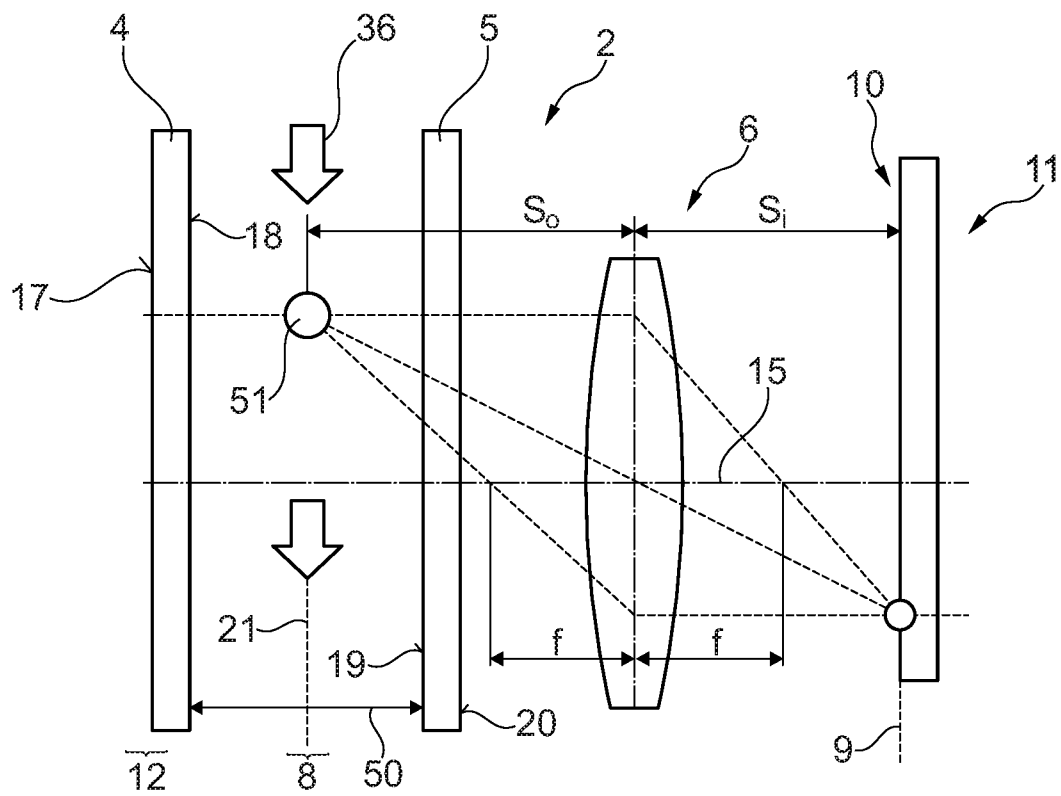


Fig. 4

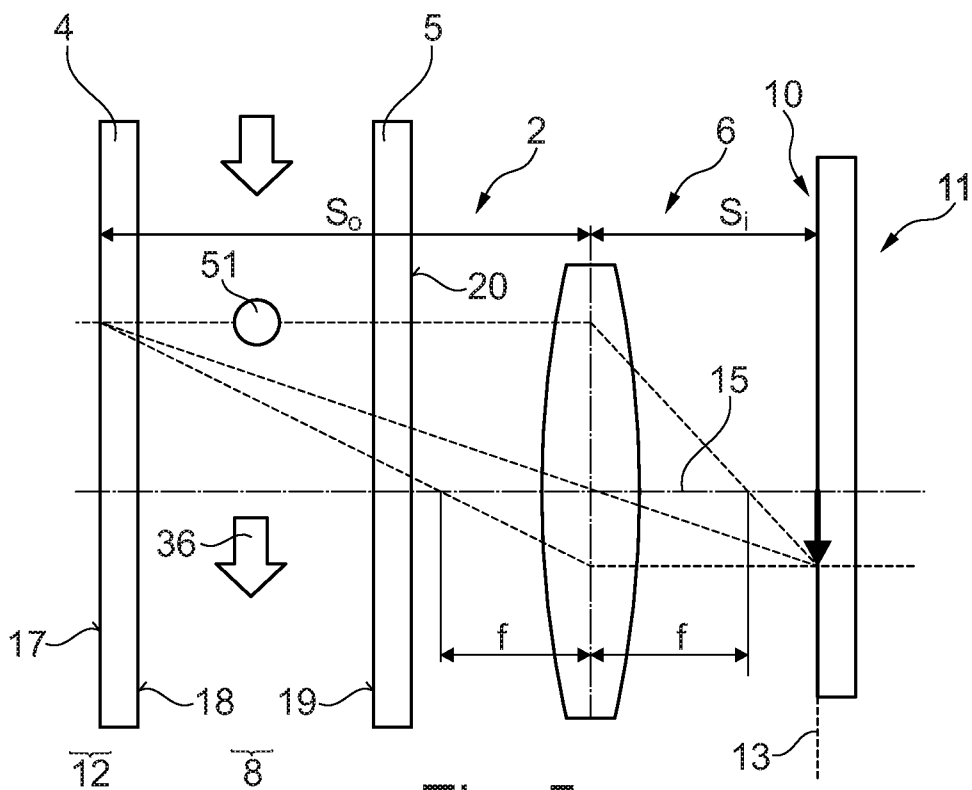


Fig. 5

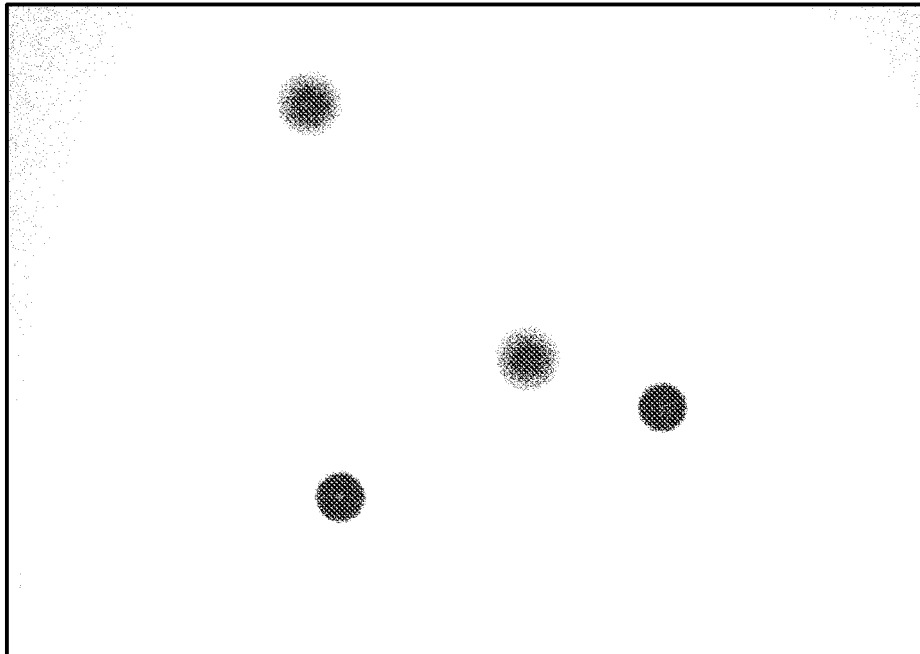


Fig. 6

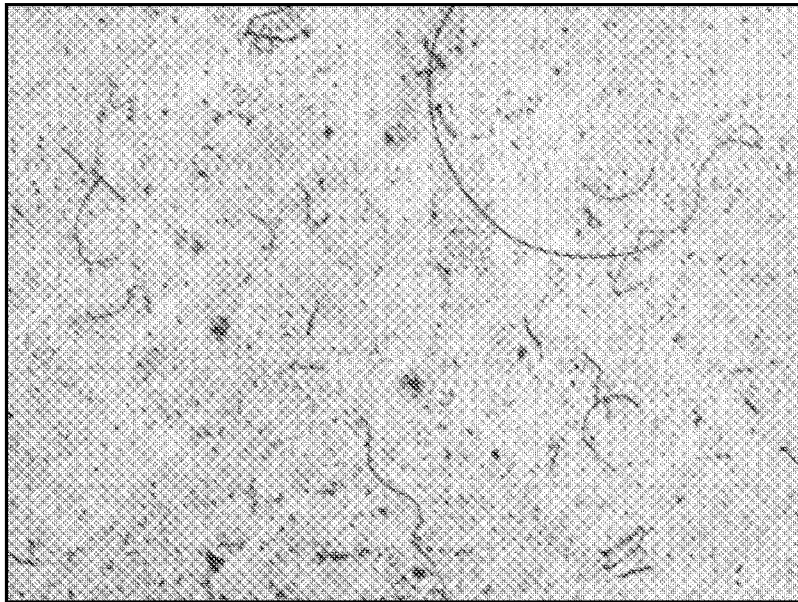


Fig. 7

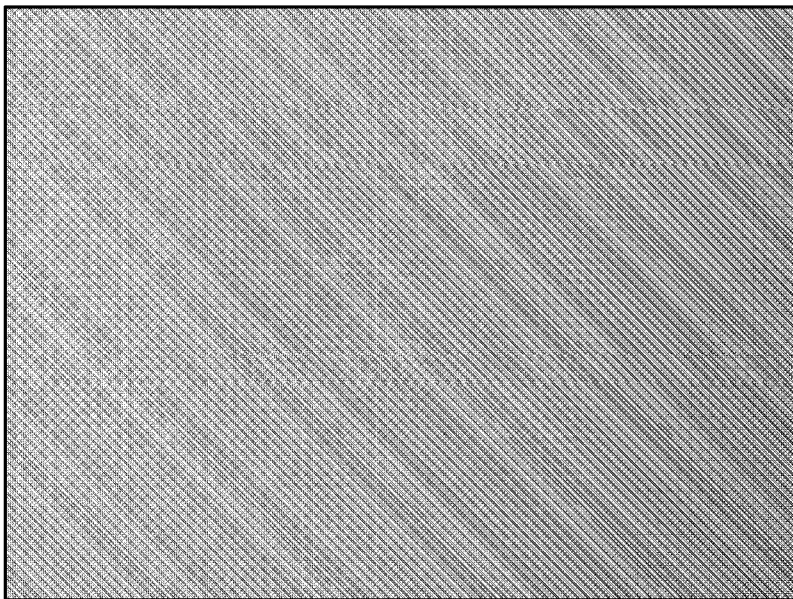


Fig. 8