

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50336/2014
(22) Anmeldetag: 13.05.2014
(43) Veröffentlicht am: 15.11.2015

(51) Int. Cl.: **G01N 27/26** (2006.01)
G01N 27/60 (2006.01)
D21H 23/08 (2006.01)
G01N 33/34 (2006.01)
G01N 33/18 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 10154790 A1
JP H11190711 A
JP H0450758 A

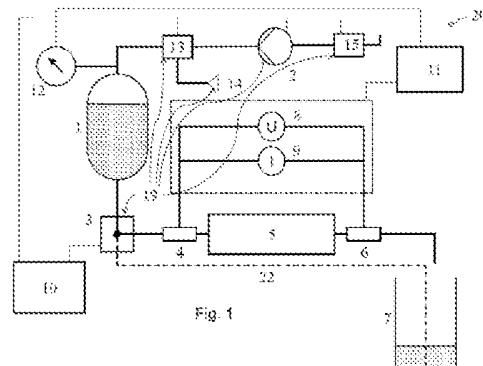
(71) Patentanmelder:
Anton Paar GmbH
8054 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Luxbacher Thomas Dr.
8045 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Dilg Andreas Dr.
80636 München (DE)

(54) **System zum Ermitteln des Zetapotenzials zum Charakterisieren einer Fest-Flüssig-Phasengrenze mit gesteuerter Druckprofilbeaufschlagung**

(57) Vorrichtung (20) zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information zum Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen einer festen Phase und einer flüssigen Phase, wobei die Vorrichtung (20) einen Druckbehälter (1), in dem die flüssige Phase aufnehmbar ist, eine Messzelle (5), die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem Druckbehälter (1) bringbar angeordnet ist und in der die feste Phase aufnehmbar ist, einen Vorratsbehälter (7), der stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit der Messzelle (5) angeordnet ist, eine Druckbeaufschlagungseinrichtung (19), die zum Beaufschlagen des Druckbehälters (1) mit einem Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen Druckänderung derart eingerichtet ist, dass dadurch flüssige Phase aus dem Druckbehälter durch die Messzelle (5) in den Vorratsbehälter (7) förderbar ist, und eine Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information an der Messzelle (5) während des Beaufschlagens des Druckbehälters (1) mit dem Druckprofil aufweist.



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

Vorrichtung (20) zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information zum Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen einer festen Phase und einer flüssigen Phase, wobei die Vorrichtung (20) einen Druckbehälter (1), in dem die flüssige Phase aufnehmbar ist, eine Messzelle (5), die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem Druckbehälter (1) bringbar angeordnet ist und in der die feste Phase aufnehmbar ist, einen Vorratsbehälter (7), der stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit der Messzelle (5) angeordnet ist, eine Druckbeaufschlagungseinrichtung (19), die zum Beaufschlagen des Druckbehälters (1) mit einem Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen Druckänderung derart eingerichtet ist, dass dadurch flüssige Phase aus dem Druckbehälter durch die Messzelle (5) in den Vorratsbehälter (7) förderbar ist, und eine Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information an der Messzelle (5) während des Beaufschlagens des Druckbehälters (1) mit dem Druckprofil aufweist.

(Figur 1)

System zum Ermitteln des Zetapotenzials zum Charakterisieren einer Fest-Flüssig-Phasengrenze mit gesteuerter Druckprofilbeaufschlagung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Ermitteln
 5 von für ein Zetapotenzial indikativer Information zum Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen einer festen Phase und einer flüssigen Phase.

Das elektrokinetische oder Zetapotenzial ζ beschreibt die Ladungsverteilung an der Grenzfläche zweier nicht mischbarer Phasen. Bedeutung hat das Zetapotenzial für die Charakterisierung der Grenzfläche fest-
 10 flüssig. An der Grenzfläche zwischen einer makroskopischen Materialoberfläche und einer Flüssigkeit kann das Zetapotenzial aus Messungen des Strömungspotenzials und des Strömungsstroms berechnet werden. Materialien mit makroskopischen Oberflächen sind Probenkörper unterschiedlicher Form und Größe zuzuordnen. Dazu zählen Proben mit flacher Oberfläche, Faserproben,
 15 Granulat und Pulver mit Partikelgröße größer 1 μm .

Für die Messung des Strömungspotenzials und Strömungsstroms kann die Festkörperprobe in einer Messzelle derart angeordnet werden, dass eine Kapillare oder ein Kapillarsystem mit geeigneter hydraulischer Permeabilität entsteht. Die Flüssigkeitsströmung durch diese Kapillare (Strömungskanal) erzeugt eine Druckdifferenz und ein elektrisches Signal, das entweder als Spannung (Strömungspotenzial) oder Strom (Strömungsstrom) gemessen wird. Festkörper mit flacher Oberfläche werden beispielsweise parallel zueinander angeordnet und es entsteht eine Kapillare mit rechteckiger Querschnittsfläche. Faserproben und Granulat werden beispielsweise in Propfenform angeordnet und das dadurch entstehende, unregelmäßige Kapillarsystem durchströmt.

Die Berechnung des Zetapotenzials erfolgt nach den klassischen Gleichungen nach Helmholtz und von Smoluchowski. Für die Berechnung aus Messungen des Strömungsstroms I_{str} gilt:

$$\zeta = \frac{dI_{str}}{d\Delta p} \cdot \frac{\eta}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{L}{A} \quad (\text{Gleichung 1})$$

- mit $dI_{str}/d\Delta p$ – Strömungsstromkoeffizient (Änderung des Strömungsstroms mit Druckdifferenz über die Länge des Strömungskanals), η – dynamische Viskosität der Flüssigkeit, ϵ – Dielektrizitätskoeffizient der Flüssigkeit, ϵ_0 – Permittivität, L – Länge des Strömungskanals, A – Querschnitt des Strömungskanals.

Die Berechnung des Zetapotenzials aus Messungen des Strömungspotenzials U_{str} erfolgt nach:

$$\zeta = \frac{dU_{str}}{d\Delta p} \cdot \frac{\eta}{\epsilon \cdot \epsilon_0} \cdot \kappa \quad (\text{Gleichung 2})$$

- mit $dU_{str}/d\Delta p$ – Strömungspotenzialkoeffizient (Änderung des Strömungspotenzials mit Druckdifferenz über die Länge des Strömungskanals), κ – elektrische Leitfähigkeit der Flüssigkeit.

Der Zusammenhang zwischen Zetapotenzial und Strömungsstrom (Gleichung 1) bzw. Strömungspotenzial (Gleichung 2) führt nur dann zu gleichen Ergebnissen, wenn es sich um eine nichtleitende Festkörperprobe handelt. Die Identität der Zetapotenzialwerte ist zudem von der Elektrolytkonzentration abhängig. Besonders bei geringer Ionenstärke ($I < 0.001 \text{ mol/l}$) beeinflusst die Oberflächen- oder Grenzflächenleitfähigkeit die korrekte Bestimmung des Zetapotenzials nach Gleichung 2. Das Zetapotenzial leitfähiger Festkörperoberflächen (elektronisch leitfähig, beispielsweise Metalle, oder ionisch leitfähig, beispielsweise poröse Festkörper oder quellfähige Schichten oder Materialien) lässt sich auch bei höherer Ionenstärke ($I \geq 0.001 \text{ mol/l}$) nach Gleichung 2 nicht korrekt bestimmen. Diese Einschränkungen verlangen die Messung des Strömungsstroms anstelle des Strömungspotenzials und die Berechnung des Zetapotenzials nach Gleichung 1.

Die Messung von Strömungspotenzial und Strömungsstrom erfolgt zum Beispiel mit Messelektroden aus unterschiedlichen Materialien, Größe und Bauart. Elektroden unterliegen dem Vorgang der Polarisation, die verschiedene Ursachen haben kann:

Es werden entweder Elektroden erster Art (beispielsweise Platin-Elektroden) oder Elektroden zweiter Art (reversible Elektroden, beispielsweise Silber-Silberchlorid-Elektroden) verwendet. Polarisationseffekte treten insbesondere bei Elektroden erster Art und weniger ausgeprägt bei Elektroden zweiter Art auf.

Die Elektrodenpolarisation ist auch von der spezifischen Oberfläche der Elektroden abhängig. So wird beispielsweise die Oberfläche von Platinelektroden (Elektroden erster Art) durch elektrochemische Aufbringung einer porösen Platinschicht (platinum black) vergrößert. Die Oberfläche der beispielsweise auf Silberelektroden abgeschiedenen Silberchloridschicht ist ebenfalls porös und verringert dadurch die Neigung zu Elektrodenpolarisation.

Elektrodenpolarisation ist vor allem eine Eigenschaft der Elektrolytkonzentration (Ionenstärke). Polarisationseffekte treten an Elektroden erster Art bereits bei geringer Ionenstärke eines in Wasser gelösten Elektrolyten auf. Je nach Qualität (Größe, Qualität der Beschichtung) und spezifischer Oberfläche nimmt die Elektrodenpolarisation auch bei Elektroden zweiter Art ab einer bestimmten Ionenstärke deutlich zu.

Die Neigung zu Polarisationseffekten von Elektroden hat einen Einfluss sowohl auf die Messung des Strömungsstroms als auch auf die Messung des Strömungspotenzials. Der Einfluss auf die Strommessung ist mitunter größer als jener auf die Spannungsmessung. Bei geringen Messsignalen des Strömungspotenzials und Strömungsstroms erhöht die Elektrodenpolarisation den Fehler der Messung und verringert dadurch die Qualität des nach Gleichung 1 oder Gleichung 2 berechneten Zetapotenzials.

Es gibt eine Reihe an kommerziellen Messgeräten für die Messung des Strömungspotenzials, aber auch des Strömungsstroms zur Bestimmung des Zetapotenzials an makroskopischen Festkörperoberflächen. In diesen Messgeräten wurde dem Effekt der Elektrodenpolarisation, beschrieben durch das Ungleichgewicht in der Potenzialdifferenz zwischen den beiden Messelektroden im

Ruhezustand, durch entsprechende bauliche Maßnahmen und Messprotokolle begegnet.

Bei einer Zweipunktmessung werden der Spannungswert im Ruhezustand (keine Flüssigkeitsströmung, Asymmetriepotenzial U_0) und das

- 5 Strömungspotenzial bei einer konstanten Druckdifferenz, $U_{str}(\Delta p)$, verwendet, um den Strömungspotenzialkoeffizienten in Gleichung 2 als Differenzenquotient $\Delta U_{str}/\Delta p$ mit $\Delta U_{str} = U_{str}(\Delta p) - U_0$ zu berechnen. Diese Methode ist für Messbedingungen geeignet, in denen das Asymmetriepotenzial U_0 einen geringen Beitrag zum gemessenen Strömungspotenzial liefert (< 10%).
- 10 Bei einer Druckstufenmessung wird das Strömungspotenzial $U_{str}(\Delta p)$ bei unterschiedlichen konstanten Druckdifferenzen bestimmt und der Strömungspotenzialkoeffizient in Gleichung 2 aus der linearen Regression der Messpunkte U_{str} versus Δp berechnet. Durch die größere Anzahl an Messpunkten gegenüber der Zweipunktmessung wird die Qualität des berechneten
- 15 Strömungspotenzialkoeffizienten verbessert.

Die technische Realisierung solcher Methoden zur Bestimmung des Strömungspotenzial- und Strömungsstromkoeffizienten erfolgt in kommerziellen Messgeräten und provisorischen Messaufbauten durch Anlegen einer Druckdifferenz mittels externer Pumpe oder Gasdruck.

- 20 Die Messung des Strömungspotenzials und des Strömungsstroms nach den herkömmlichen Messmethoden beschränkt sich allerdings auf die Bestimmung des Zetapotenzials bei geringen Ionenstärken.

Weiterer Stand der Technik ist in WO 86/00707, Pu et al., "Label-free detection of heparin, streptavidin, and other probes by pulsed streaming 25 potenzials in plastic microfluidic channels", Anal Chem 2008 Sep. 1;80(17):6532-6, Luna-Vera, "Adsorption kinetics of proteins in plastic microfluidic channels: Real-time monitoring of lysozyme adsorption by pulsed streaming potenzials", Biosensors and Bioelectronics 25 (2010) 1539–1543, JPH02216443 und US 6,023,661 offenbart.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, das Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information zur Charakterisierung einer Fest-Flüssig-Probe mit hoher Genauigkeit und insbesondere auch für hohe Ionenstärken zu ermöglichen.

5 Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Weitere Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen gezeigt.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information zum 10 Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen einer festen Phase und einer flüssigen Phase geschaffen, wobei die Vorrichtung einen Druckbehälter, in dem die flüssige Phase aufnehmbar ist, eine Messzelle, die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem Druckbehälter bringbar bzw. in Fluidkommunikation mit dem Druckbehälter befindlich angeordnet ist und in der die feste Phase 15 aufnehmbar ist, einen Vorratsbehälter, der stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit der Messzelle befindlich bzw. in Fluidkommunikation mit der Messzelle bringbar angeordnet ist, eine Druckbeaufschlagungseinrichtung, die zum Beaufschlagen des Druckbehälters mit einem Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen Druckänderung derart eingerichtet ist, dass dadurch 20 flüssige Phase aus dem Druckbehälter durch die Messzelle in den Vorratsbehälter förderbar ist, und eine Erfasseinrichtung zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information an der Messzelle während des Beaufschlagens des Druckbehälters mit dem Druckprofil aufweist.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist 25 ein Verfahren zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information zum Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen einer festen Phase und einer flüssigen Phase bereitgestellt, wobei bei dem Verfahren die flüssige Phase in einem Druckbehälter aufgenommen wird, die feste Phase in einer Messzelle aufgenommen wird, die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem 30 Druckbehälter bringbar bzw. in Fluidkommunikation mit dem Druckbehälter

befindlich angeordnet ist, ein Vorratsbehälter stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit der Messzelle befindlich bzw. in Fluidkommunikation mit der Messzelle bringbar angeordnet wird, der Druckbehälter mit einem Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen Druckänderung derart beaufschlagt wird, dass

5 dadurch flüssige Phase aus dem Druckbehälter durch die Messzelle in den Vorratsbehälter förderbar ist, und die für das Zetapotenzial indikative Information an der Messzelle während des Beaufschlagens des Druckbehälters mit dem Druckprofil erfasst wird.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann zum

10 Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen einer festen Phase und einer flüssigen Phase Information über ein zugehöriges Zetapotenzial ermittelt werden, indem während des Durchführens der Messung eine zeitlich kontinuierliche Änderung der Druckdifferenz (insbesondere unter Vorgabe eines sich über die Messung hinweg verändernden Druckgradienten) zwischen dem Druckbehälter

15 und dem Vorratsbehälter eingestellt bzw. steuerungstechnisch vorgegeben wird. Dadurch können zeitabhängige Einflüsse von Elektrodenpolarisation und andere Drifterscheinungen zumindest teilweise kompensiert werden. Dies führt zu einer höheren Genauigkeit und Verlässlichkeit der ermittelten Messergebnisse, auch bei höherer Ionenstärke.

20

Im Weiteren werden zusätzliche exemplarische Ausführungsbeispiele der Vorrichtung und des Verfahrens beschrieben.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Druckbeaufschlagungseinrichtung ausgebildet sein, der Messzelle ein Druckprofil

25 mit einer pulsationsfreien Druckänderung, insbesondere mit einem monotonen (insbesondere monoton abnehmenden), zum Beispiel linearen Druckverlauf, bereitzustellen. Wenn die sich mit der Zeit ändernde Druckdifferenz zwischen Druckbehälter und Vorratsbehälter ohne Druckpulse oder sonstige Unstetigkeiten im Druck-Zeit-Verlauf ändert, kann die Messung artefaktfrei und somit

30 hochpräzise bzw. reproduzierbar durchgeführt werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Druckbeaufschlagungseinrichtung eingerichtet sein, einen Gasraum oberhalb der flüssigen Phase in dem Druckbehälter mit einem komprimierten Gaspolster zu beaufschlagen, um dadurch das Druckprofil mit einer kontinuierlichen Abnahme des Drucks zu erzeugen. Im Inneren des Druckbehälters kann ein Überdruck herrschen, wobei das Innere des Druckbehälters von der Umgebung druckentkoppelt ist. Anders ausgedrückt wird ein gegenüber der Atmosphäre unter erhöhtem Druck stehendes Gaspolster auf die Flüssigkeitssäule in dem Druckbehälter aufgeprägt. Dieser Druck baut sich kontinuierlich ab, wenn die flüssige Phase aus dem Druckbehälter durch die Messzelle in den Vorratsbehälter fließt, der zum Beispiel auf einem Referenzdruck befindlich (etwa mit Atmosphärendruck verbunden) ist.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Druckbeaufschlagungseinrichtung eine Druckerzeugungseinheit zum Erzeugen von Druck in dem Druckbehälter und ein fluidisches Schaltelement aufweisen, so dass mittels Schaltens des Schaltelements zum fluidischen Koppeln des Druckbehälters mit der Messzelle die Messzelle mit der flüssigen Phase entsprechend dem Druckprofil beaufschlagbar ist. Das Schaltelement kann ein fluidisches Schaltelement (insbesondere ein mit einer Steuereinrichtung steuerbares bzw. schaltbares Fluidventil) in einem fluidischen Pfad sein, das selektiv einen Fluidfluss und einen zumindest partiellen Druckausgleich durch den fluidischen Pfad zulässt oder unterbindet, je nach Schaltzustand.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Schaltelement zwischen dem Druckbehälter und der Messzelle angeordnet sein. Dadurch kann der Druck auf den Druckbehälter angelegt werden, bis dieser einen gewünschten Anfangswert angenommen hat. Durch nachfolgendes Schalten des Schaltelements zum Bringen des Druckbehälters in Fluidkommunikation mit der Messzelle kann dann in definierter Weise das Druckprofil an die Messzelle angelegt werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann während der Druckänderung alternierend zwischen einem eine Fluidverbindung zwischen dem Druckbehälter und der Messzelle zulassenden Betriebsmodus und einem eine Fluidverbindung zwischen dem Druckbehälter und der Messzelle unterbindenden

- 5 Betriebsmodus gewechselt werden, um in dem die Fluidverbindung unterbindenden Betriebsmodus, insbesondere mehrere Male, ein Basisliniensignal zu erfassen und damit ein in dem die Fluidverbindung zulassenden Betriebsmodus erfasstes Messsignal zu korrigieren. Dies kann durch ein entsprechendes Schalten des Schaltelements zwischen dem Druckbehälter und 10 der Messzelle erreicht werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Druckerzeugungseinheit aus einer Gruppe ausgewählt sein, die besteht aus einer Pumpe, insbesondere einer Membranpumpe, und/oder einer Gasdruckversorgung, insbesondere einer Gasflasche (zum Beispiel eine 15 Stickstoffflasche). Die Druckerzeugungseinheit kann über ein weiteres Fluidventil selektiv bzw. steuerbar mit dem Druckbehälter fluidisch koppelbar sein oder davon fluidisch entkoppelbar sein.

- Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Vorrichtung eine Druckmesseinheit zum Erfassen des Druckverlaufs entsprechend dem 20 beaufschlagten Druckprofil aufweisen, insbesondere stromaufwärts von oder an dem Druckbehälter. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Schaltelement mittels einer Steuereinrichtung, welcher von der Druckmesseinheit der erfasste Druckwert übermittelt wird, derart schaltbar sein, dass das Schaltelement bei mittels der Druckmesseinheit festgestellter Überschreitung 25 eines vorgebbaren Druckwerts die Fluidverbindung zwischen dem Druckbehälter und der Messzelle aktiviert. Der Druckwert bzw. Druckschwellwert kann der gewünschte Anfangswert des Druckprofils sein, mit dem die flüssige Phase zu Beginn der Zetapotenzialmessung durch die Messzelle gefördert wird.

- Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der Vorratsbehälter 30 überdruckfrei konfiguriert sein, insbesondere dessen Inneres auf

Atmosphärendruck oder einem (gegenüber dem Druckbehälter) anderen Niederdruck befindlich ist. Somit kann der Vorratsbehälter druckentlastet bzw. auf ein Druckniveau gebracht sein, das durch die reservoirartigen

Druckverhältnisse in der Umgebung definiert ist. Auf diese Weise kann, wenn

- 5 sich an der Messzelle eingangsseitig der Druckwert kontinuierlich abbaut, ausgangsseitig ein Konstantdruck vorgegeben sein, wodurch im Ergebnis das sich zeitlich kontinuierlich abbauende Druckprofil einstellt.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die

Erfasseinrichtung zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information

- 10 basierend auf Gleichung 1 und Gleichung 2 ausgebildet sein. Die in der Einleitung dieser Beschreibung dargestellte Auswertemethodik ist somit auch auf Ausführungsbeispiele der Erfindung anwendbar und soll insoweit auch als im Zusammenhang mit Ausführungsbeispielen der Erfindung offenbart verstanden werden.

15 Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die

Erfasseinrichtung zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information basierend auf einer Strommessung und basierend auf einer Spannungsmessung an der Messzelle eingerichtet sein. Basierend auf dem Wert des elektrischen Stroms und der elektrischen Spannung an einer Messzelle aus einer flüssigen

- 20 Phase gemischt mit einer festen Phase kann das für die

Grenzflächeneigenschaften indikative Zetapotenzial bestimmt werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Vorrichtung eine Eingangselektrode an einem Eingang der Messzelle und eine Ausgangselektrode an einem Ausgang der Messzelle aufweisen, wobei die Erfasseinrichtung zum

- 25 Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information zwischen der Eingangselektrode und der Ausgangselektrode angeordnet ist. Eingangselektrode und/oder Ausgangselektrode kann/können als Elektrode erster Art oder Elektrode zweiter Art ausgebildet sein. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Eingangselektrode zum Wechselwirken zumindest mit der flüssigen
- 30 Phase an dem Eingang der Messzelle und die Ausgangselektrode zum

Wechselwirken zumindest mit der flüssigen Phase an dem Ausgang der Messzelle angeordnet sein.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Erfasseinrichtung ausgebildet sein, mittels der Eingangselektrode und mittels der 5 Ausgangselektrode (insbesondere zusätzlich) eine für einen elektrischen Widerstand der festen Phase und der flüssigen Phase in der Messzelle indikative Information zu erfassen. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Erfasseinrichtung ausgebildet sein, basierend auf der für den elektrischen Widerstand indikativen Information zumindest eine Information abzuleiten, die 10 aus einer Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus Information hinsichtlich des Vorliegens oder Nichtvorliegens von Gasblasen in der Messzelle, und einem Beitrag einer der Phasen (insbesondere der festen Phase) zur elektrischen Gesamtleitfähigkeit. Der elektrische Widerstand kann die Basis für weitergehende 15 Informationen im Zusammenhang mit der Charakterisierung der Fest-Flüssig-Grenzfläche liefern.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Vorrichtung einen Flüssigphasenrückfördermechanismus zum Rückfordern von flüssiger Phase von dem Vorratsbehälter in den Druckbehälter aufweisen. Auf diese Weise kann die vermessene flüssige Phase rückgeführt und wiederverwendet werden. 20 Dadurch ist auch eine mehrmalige Vermessung einer flüssigen Probe ermöglicht, so dass geringere Mengen flüssiger Probe ausreichend sind, und sind die anfallenden Abfallmengen gering gehalten. Der Flüssigphasenrückfördermechanismus kann insbesondere eine Pumpe, die zum 25 Druckbeaufschlagen des Druckbehälters eingesetzt wird, synergistisch zum Rückfordern mitverwenden (insbesondere in einem Betrieb mit umgekehrter Förderrichtung).

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Schaltelement in einem fluidischen Pfad angeordnet sein, in dem mittels des Flüssigphasenrückfördermechanismus flüssige Phase von dem Vorratsbehälter zu 30 dem Druckbehälter rückförderbar ist. Somit kann auch das Schaltelement

synergistisch mitverwendet werden, um nicht nur durch einen Schaltvorgang den Beginn der Messung der für das Zetapotenzial indikativen Information vorzugeben, sondern in einem anderen Schaltzustand ohne das Erfordernis weiterer Schaltelemente oder zusätzlicher Fluidleitungen auch ein Rückfördern 5 vermessender flüssiger Phase in den Druckbehälter zu ermöglichen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Vorrichtung ferner einen weiteren Druckbehälter, in dem weitere flüssige Phase aufnehmbar ist, und eine weitere Messzelle aufweisen, die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem weiteren Druckbehälter bringbar angeordnet ist 10 und in der weitere feste Phase aufnehmbar ist, wobei die Druckbeschlageinrichtung zum Beaufschlagen des weiteren Druckbehälters mit einem Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen Druckänderung derart eingerichtet ist, dass dadurch weitere flüssige Phase aus dem weiteren Druckbehälter durch die weitere Messzelle förderbar ist, und wobei die 15 Erfasseinrichtung zum Erfassen von für das Zetapotenzial indikativer Information an der weiteren Messzelle während des Beaufschlagens des weiteren Druckbehälters mit dem Druckprofil ausgebildet ist. Auf diese Weise kann ein und dieselbe Druckerzeugungseinrichtung und gegebenenfalls ein und derselbe Vorratsbehälter für mehrere Messpfade verwendet werden, womit eine besonders 20 kompakte Vorrichtung erhalten wird.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Erfasseinrichtung ausgebildet sein, einen fluidischen Pfad aus dem weiterem Druckbehälter und der weiteren Messzelle als Referenzmesspfad für einen Messpfad aus dem Druckbehälter und der Messzelle einzusetzen. Durch einen 25 solchen Referenz- oder einen Kalibrierungspfad kann die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der eigentlichen Hauptmessung verbessert werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann ein fluidischer Pfad aus dem weiteren Druckbehälter und der weiteren Messzelle als zusätzlicher Messpfad zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information zum 30 Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen der weiteren festen Phase und der

weiteren flüssigen Phase ausgebildet sein. Mit einer kompakten Vorrichtung, die sich zumindest ein Teil ihrer Komponenten für mehrere Messaufgaben teilen kann, kann auf engem Raum und mit gut vergleichbaren Bedingungen eine Messung mehrerer Proben parallel oder sequenziell durchgeführt werden.

- 5 Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Erfasseinrichtung zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information unter Durchführung einer Basislinienkorrektur, insbesondere einer Korrektur einer sich zeitlich ändernden Basislinie, eingerichtet sein. Vorzugsweise können Spannungswerte bei kontinuierlich verändertem Druckprofil (d.h. das
- 10 Strömungspotenzial bei anliegendem Druck) und der Basislinie (Asymmetriepotenzial bei Differenzdruck Null) durch eine Modellfunktion (zum Beispiel durch eine Polynomfunktion, insbesondere zweiten Grades) modelliert werden. Der zeitliche Drift der Basislinie kann dann vom zeitlichen Verlauf des Strömungspotenzials bei abnehmender Druckdifferenz subtrahiert werden. Mit
- 15 solch einer Basislinienkorrektur kann die Genauigkeit und Verlässlichkeit der ermittelten Messergebnisse weiter verbessert werden.
- Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Basislinienkorrektur unter Berücksichtigung eines Asymmetriepotenzials einer Eingangselektrode an einem Eingang der Messzelle und einer Ausgangselektrode
- 20 an einem Ausgang der Messzelle erfolgen. Insbesondere kann die Basislinienkorrektur unter Berücksichtigung einer zeitlichen Änderung des Asymmetriepotenzials hinsichtlich eines Zusammenhangs zwischen einem Strömungspotenzial oder einem Strömungsstrom einerseits und einem Differenzdruck andererseits erfolgen. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der
- 25 Erfindung kann die Erfasseinrichtung zum Erfassen eines von der festen Phase und der flüssigen Phase unabhängigen, insbesondere auf einem Asymmetriepotenzial einer Eingangselektrode an einem Eingang der Messzelle und einer Ausgangselektrode an einem Ausgang der Messzelle beruhenden, Basissignals während des Beaufschlagens des Druckbehälters mit dem
- 30 Druckprofil eingerichtet sein.

Die Berücksichtigung des Asymmetriepotenzials der Messelektroden (auch als Basislinienkorrektur bezeichnet) und dessen zeitlicher Änderung in der Auswertung der Druckrampen (Zusammenhang zwischen Strömungspotenzial oder Strömungsstrom und Differenzdruck) ist vorteilhaft für eine hochpräzise und eindeutige Interpretation insbesondere in den folgenden Szenarien:

- gemessene Druckrampen bei hoher Ionenstärke
- gemessene Druckrampen in unmittelbarer Nähe des isoelektrischen Punktes (unabhängig von der gewählten Ionenstärke)
- gemessene Druckrampen an metallischen Materialoberflächen, sowie
- Änderung von Strömungspotenzial oder Strömungsstrom während eines Adsorptions- oder Desorptionsvorgangs

Insbesondere in den genannten kritischen Szenarien führt die Berücksichtigung einer Basislinienkorrektur durch die beschriebene Vorrichtung zu einer besonders genauen Bestimmung des Zetapotenzials (d.h. mit einem sehr kleinen Messfehler). In anderen Szenarien hingegen kann die Basislinienkorrektur auch weggelassen werden.

Insbesondere kann in den angeführten Beispielen der Wert des tatsächlichen Messsignals von Strömungspotenzial oder -strom mitunter kleiner als jener des Asymmetriepotenzials (Basislinie) sein. Bei einer zeitlich konstanten Basislinie ist eine Korrektur nicht notwendig, um trotz dieser ungünstigen Bedingungen (Messsignal kleiner Basissignal) ein plausibles Ergebnis (Steigung der Druckrampe) zu erhalten. Allerdings können die erwähnten Einflussgrößen (insbesondere Polarisierbarkeit der Elektroden, Strömung an den Elektrodenoberflächen, thermischer Drift der Elektronik, Einfluss von Adsorbat) unter ungünstigen Umständen zu einer nicht reproduzierbaren zeitlichen Änderung dieses Basissignals führen. Neben der Änderung des Strömungspotenzials oder -stroms während des Druckgefälles ist die Kenntnis (zum Beispiel basierend auf entsprechenden Messungen) des Basissignals während der Messzeit dann sehr vorteilhaft.

Vorteile einer Vorrichtung bzw. eines Verfahrens gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung liegen erstens darin, dass ein komprimiertes Gasvolumen selbständig expandiert und somit während der Messung keine Druckimpulse (und in der Folge keine Messartefakte, zum Beispiel

- 5 durch eine Pumpe oder durch Regelung eines ständig angelegten externen Gasdrucks) erzeugt werden. Zweitens ermöglicht unter ungünstigen Rahmenbedingungen, mithin optional, gerade die Kombination einer solchen Vorrichtung bzw. eines solchen Verfahrens mit einer parallelen Messung von Strömungspotenzial- oder -strom und der zeitlichen Änderung des Basissignals
- 10 auch die Anwendbarkeit der Methode unter Messbedingungen, die zu extrem kleinen Messwerten führen (siehe die oben genannten Anwendungsbereiche).

Besonders vorteilhaft sind exemplarische Ausführungsbeispiele, insbesondere mit der Basislinienkorrektur, daher in folgenden Anwendungsfällen anwendbar:

- 15 - Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information bei hoher Ionenstärke, insbesondere bei einer Ionenstärke von mindestens ungefähr 0.001 mol/l, weiter insbesondere bei einer Ionenstärke von mindestens ungefähr 0. 1 mol/l
- Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information während eines
- 20 Adsorptionsprozesses oder während eines Desorptionsprozesses (insbesondere an der festen Phase)
- Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information an einer metallischen Materialoberfläche (insbesondere der festen Phase)
- Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information in
- 25 unmittelbarer Nähe des isoelektrischen Punktes (d.h. des pH-Werts der flüssigen Phase, bei dem sich positive Ladungen und negative Ladungen ausgleichen), insbesondere bei höchstens ungefähr fünf Prozent Abweichung des pH-Werts von dem isoelektrischen Punkt.
- Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die
- 30 Druckbeaufschlagungseinrichtung zum Beaufschlagen des Druckbehälters mit

5 einem Druckprofil derart eingerichtet sein, dass eine Druckdifferenz zwischen einem Anfangsdruckwert an dem Druckbehälter und einem Anfangsdruckwert an dem Vorratsbehälter größer als ungefähr eine Atmosphäre ist, insbesondere größer als ungefähr 2 bar ist, weiter insbesondere zwischen ungefähr 5 bar und ungefähr 10 bar ist. Anschaulich legt die Druckbeaufschlagungseinrichtung an den Druckbehälter vorzugsweise einen Überdruck an (anstatt abzusaugen). Dadurch können auch sehr hohe Differenzdrücke erhalten werden und kann somit der Bereich durchführbarer Messungen (insbesondere hinsichtlich vermessbarer Materialien) erweitert werden.

10

Im Folgenden werden exemplarische Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Verweis auf die folgenden Figuren detailliert beschrieben.

15 Figur 1 und Figur 2 zeigen Vorrichtungen gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung zum Ermitteln eines Zetapotenzials einer Probe mit einer festen Phase und mit einer flüssigen Phase, um Informationen über diese Probe zu erhalten, insbesondere Informationen über eine Grenzfläche bzw. eine Wechselwirkung zwischen der festen Phase und der flüssigen Phase.

20 Figur 3 zeigt ein Diagramm, das als Beispiel eine Messung von Strömungsstrom im Druckbereich 150-800 mbar zeigt und eine Abhängigkeit zwischen der Zeit, einer Druckdifferenz und dem Strömungsstrom gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung zeigt.

25 Figur 4 zeigt ein Diagramm, das als Beispiel die Messung des Strömungspotenzials während der kontinuierlichen Abnahme des Differenzdrucks und die in Serie geschaltete Messung der zeitlichen Änderung des Asymmetriepotenzials zeigt und eine Abhängigkeit zwischen der Zeit, einer Druckdifferenz und dem Strömungspotenzial gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung zeigt.

30 Figur 5 und Figur 6 zeigen Diagramme, die ein Verfahren zur Korrektur einer Basislinie gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung

dadurch verdeutlichen, dass das Strömungspotenzial (bei anliegendem Differenzdruck) bzw. das Asymmetriepotenzial (bei $\Delta p = 0$ bar) gegen den Differenzdruck aufgetragen ist.

Figur 7 zeigt ein Diagramm, das für das Beispiel einer

- 5 Druckkampenmessung für eine leitfähige Probe in Gegenwart einer 0.001 mol/l KCl Lösung eine Abhängigkeit zwischen einer Druckdifferenz und dem Strömungspotenzial zeigt.

- 10 Gleiche oder ähnliche Komponenten in unterschiedlichen Figuren sind mit gleichen Bezugsziffern versehen.

Bevor bezugnehmend auf die Figuren exemplarische Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben werden, sollen noch einige allgemeine Aspekte der Erfindung erläutert werden:

- 15 Bei einer Druckkampenmessung wird das Strömungspotenzial $U_{str}(\Delta p)$ simultan zu einer kontinuierlich ansteigenden Druckdifferenz gemessen und der Strömungspotenzialkoeffizient $dU_{str}/d\Delta p$ in Gleichung 2 als Steigung der linearen Regression der Messpunkte ermittelt. Die Druckkampenmessung hat gegenüber einer Druckstufenmessung den Vorteil der größeren Anzahl an individuellen Messpunkten (Erhöhung der Qualität des Messergebnisses) und der wesentlich 20 kürzeren Messzeit.

- Die Messung des Strömungspotenzials und des Strömungsstroms nach herkömmlichen Messmethoden beschränkt sich auf die Bestimmung des Zetapotenzials bei geringen Ionenstärken ($I < 0.1$ mol/l). Mit zunehmender Ionenstärke verringert sich das Messsignal insbesondere des 25 Strömungspotenzials (annähernd doppelt-exponentielle Abnahme) und auch des Strömungsstroms (annähernd exponentielle Abnahme). Damit nähert sich das bei einer bestimmten Druckdifferenz entstehende Strömungspotenzial der Größenordnung des Asymmetriepotenzials. Neben den Beiträgen zur Elektrodenpolarisation treten in diesem Größenbereich weitere Effekte auf, die 30 für die Messung kleiner Signale zu berücksichtigen sind:

Ein solcher Effekt ist die zeitliche Abhängigkeit der Elektrodenpolarisation. Für Messungen des Strömungspotenzials und des Strömungsstroms insbesondere in Gegenwart hoher Ionenstärke ($I \geq 0.1 \text{ mol/l}$) ist es nicht mehr ohne Weiteres zulässig, ein zeitlich stabiles Asymmetriepotenzial aufgrund von

- 5 Elektrodenpolarisation anzunehmen. Vielmehr ist häufig zu beobachten, dass sich zeitlich ändernde Polarisationseffekte auch auf die Stabilität des Messsignals auswirken. Der Einfluss elektrisch leitfähiger Materialien, beispielsweise Metalle, auf das Asymmetriepotenzial und seine zeitliche Instabilität sollte ebenfalls Rechnung getragen werden.
- 10 Figur 7 zeigt das Beispiel einer Druckkrampenmessung für eine leitfähige Probe in Gegenwart einer 0.001 mol/l KCl Lösung. Trotz der geringen Ionenstärke ($I = 0.001 \text{ mol/l}$) ist hier eine signifikante Abweichung vom erwarteten linearen Zusammenhang zwischen Strömungspotenzial und Differenzdruck zu erkennen. Die Ursache liegt in einer zeitlichen Änderung des
- 15 Asymmetriepotenzials (Basislinie) während der Druckkrampenmessung.

Auch die stromungsabhangige Elektrodenpolarisation ist zu berücksichtigen. Bei hoher Ionenstärke und daher bei geringen Messwerten des Strömungspotenzials und Strömungsstroms werden zusätzlich zu Beiträgen zur Elektrodenpolarisation Polarisationseffekte beobachtet, die stromungsabhangig sind (siehe Vinogradov J, Jaafar M Z, Jackson M D (2010) „Measurement of streaming potenzial coupling coefficient in sandstones saturated with natural and artificial brines at high salinity“, J Geophys Res 115: B1 2204). Eine Lösung zur Vermeidung dieses Effekts ist die Verwendung von externen Elektroden, die 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830 9835 9840 9845 9850 9855 9860 9865 9870 9875 9880 9885 9890 9895 9900 9905 9910 9915 9920 9925 9930 9935 9940 9945 9950 9955 9960 9965 9970 9975 9980 9985 9990 9995 9999 10000 10005 10010 10015 10020 10025 10030 10035 10040 10045 10050 10055 10060 10065 10070 10075 10080 10085 10090 10095 10100 10105 10110 10115 10120 10125 10130 10135 10140 10145 10150 10155 10160 10165 10170 10175 10180 10185 10190 10195 10200 10205 10210 10215 10220 10225 10230 10235 10240 10245 10250 10255 10260 10265 10270 10275 10280 10285 10290 10295 10300 10305 10310 10315 10320 10325 10330 10335 10340 10345 10350 10355 10360 10365 10370 10375 10380 10385 10390 10395 10400 10405 10410 10415 10420 10425 10430 10435 10440 10445 10450 10455 10460 10465 10470 10475 10480 10485 10490 10495 10500 10505 10510 10515 10520 10525 10530 10535 10540 10545 10550 10555

Signal/Rauschverhältnis wird daher auch von elektronischer Drift, beispielsweise aufgrund von Temperaturschwankungen, mitbestimmt.

Gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen kann eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung des Zetapotenzials an Festkörperoberflächen mit einer Korrektur der Basislinie geschaffen werden. Eine Korrektur der beschriebenen Einflüsse ist für die korrekte Messung des Strömungspotenzials und Strömungsstroms insbesondere bei hoher Ionenstärke vorteilhaft.

Zum einen werden gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel Pulsationseffekte berücksichtigt bzw. unterdrückt. Die Verwendung einer mechanischen Pumpe für das Aufbringen der Druckdifferenz zur Messung einer oder mehrerer Druckstufen und Druckkamphen führt zu Pulsationen in der Flüssigkeitsströmung und damit in der Druckdifferenz, die sich unmittelbar auf das Signal des Strömungspotenzials und des Strömungsstroms auswirken. Für die Bestimmung des Zetapotenzials aus Messungen des Strömungspotenzials und Strömungsstroms ist daher für den gesamten Anwendungsbereich der Ionenstärke, insbesondere jedoch bei hoher Ionenstärke, eine pulsationsfreie Aufbringung der Druckdifferenz sehr vorteilhaft. Zur Kompensation der zeitabhängigen Einflüsse von Elektrodenpolarisation und anderen Drifterscheinungen auf Spannungs- und Stromwerte im stationären Zustand (Basislinie) wird eine pulsationsfreie und zeitlich kontinuierliche Änderung der Druckdifferenz ermöglicht.

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung 20 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information, um eine Grenzfläche zwischen einer festen Phase (als zu untersuchende Probe) und einer flüssigen Phase (insbesondere eine Testflüssigkeit) zu charakterisieren.

Die Vorrichtung 20 weist einen Druckbehälter 1 auf, in dem die flüssige Phase (die heißt eine zu untersuchende Flüssigkeit) aufnehmbar ist. Der Druckbehälter 1 ist stromaufwärts davon fluidisch an ein Ventil 13 und an eine Druckmesseinheit 12 angeschlossen und ist stromabwärts an ein Schaltelement 3

(konfiguriert als ein weiteres fluidisches Ventil) angeschlossen. Ansonsten ist der Druckbehälter 1 gegenüber der Umgebung hermetisch abgedichtet bzw. druckentkoppelt, so dass im Inneren des Druckbehälters 1 ein von dem umgebenden Atmosphärendruck unterschiedlicher Druck herrschen bzw. eingestellt werden kann.

5 Ferner weist die Vorrichtung 20 eine Messzelle 5 auf, die bezogen auf eine bestimmungsgemäße Flussrichtung der Flüssigkeit stromabwärts von dem Druckbehälter 1 angeordnet ist und in Fluidkommunikation mit dem Druckbehälter 1 gebracht werden kann, wenn das Schaltelement 3 von einer 10 Steuereinrichtung 10 in einem diese Fluidkommunikation zulassenden Betriebszustand geschaltet ist, der auch als Durchlasszustand bezeichnet werden kann. Schaltet die Steuereinrichtung 10 das Schaltelement 3 dagegen in einen 15 Sperrzustand, ist eine Fluidkommunikation zwischen dem Druckbehälter 1 und der Messzelle 5 vorübergehend verunmöglicht. In der Messzelle 5 ist die feste Phase (d.h. der zu untersuchende Festkörper, dessen Wechselwirkung insbesondere mit der zu untersuchenden Flüssigkeit analysiert werden soll) aufnehmbar bzw. aufgenommen.

Ein offener, überdruckfreier Vorratsbehälter 7, der auf Atmosphären- bzw. 20 Umgebungsdruck befindlich ist, ist stromabwärts von der Messzelle 5 angeordnet. Da sich der Vorratsbehälter 7 in Fluidkommunikation mit der Messzelle 5 befindet, kann die flüssige Phase nach Durchströmen der Messzelle 5 aus dieser ausgelassen und in dem Vorratsbehälter 7 aufgefangen bzw. aufgenommen werden. Der Vorratsbehälter 7 ist ein offener Behälter und somit mit der umgebenden Atmosphäre verbunden.

25 Die Vorrichtung 20 weist ferner eine Druckbeaufschlagungseinrichtung 19 auf, die durch eine Mehrzahl miteinander zusammenwirkender Komponenten gebildet ist. Die Druckbeaufschlagungseinrichtung 19 ist zum Beaufschlagen des Druckbehälters 1 mit einem vorgebbaren Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen Druckänderung eingerichtet. Dies bedeutet, dass dem 30 Druckbehälter 1 und in der Folge der Messzelle 5 ein mittels der

Steuereinrichtung 10 (zum Beispiel ein Prozessor oder ein Teil eines Prozessors) gesteuerter, zeitlich veränderlicher Druckwert aufgeprägt wird, der ausgehend von einem Anfangswert während der Messung zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information zum Beispiel kontinuierlich bzw. stetig

5 abnimmt (zum Beispiel über der Zeit linear abnimmt). Unter dem Einfluss dieses zeitlich veränderlichen und kontinuierlich abnehmbaren Druckprofils wird kontinuierlich flüssige Phase aus dem Druckbehälter 1 durch die Messzelle 5 in den Vorratsbehälter 7 gefördert. Anschaulich nimmt der Druck in dem Druckbehälter 1 mit der Zeit kontinuierlich ab, während der Druck in dem

10 Vorratsbehälter 7 konstant auf Atmosphärendruck verbleibt. Indem die Druckbeaufschlagungseinrichtung 19 der Messzelle 5 ein Druckprofil mit einer pulsationsfreien Druckänderung bereitstellt, sind Messartefakte unterdrückt oder eliminiert, so dass auch unmittelbare und ungewollte Änderungen im Strömungspotenzial oder Strömungsstrom im Flüssigkeitsstrom unterdrückt oder

15 eliminiert sind. Dies erhöht die Messgenauigkeit und die Reproduzierbarkeit der Messung, da Störeinflüsse ausgeblendet oder zumindest stark reduziert werden können. Die Druckbeaufschlagungseinrichtung 19 ist eingerichtet, einen Gasraum oberhalb der flüssigen Phase in dem Druckbehälter 1 mit einem komprimierten Gaspolster zu beaufschlagen, das auf die Flüssigkeitsoberfläche drückt, um

20 dadurch das Druckprofil mit einer kontinuierlichen Abnahme des Drucks zu erzeugen. Zu diesem Zweck weist die Druckbeaufschlagungseinrichtung 19 eine Druckerzeugungseinheit (im gezeigten Ausführungsbeispiel ausgeführt durch eine Pumpe 2 (zum Beispiel eine Membranpumpe) stromabwärts eines weiteren fluidischen Ventils 15 bzw. eine Gasdruckversorgung 14 (zum Beispiel eine

25 Stickstoffflasche)) zum Erzeugen von Druck auf. Auch das Schaltelement 3 bildet einen Teil der Druckbeaufschlagungseinrichtung 19 und ist mittels der Steuereinrichtung 10 derart schaltbar, dass mittels Schaltens des Schaltelements 3 zum fluidischen Koppeln der Druckerzeugungseinheit 2 bzw. 14 mit der Messzelle 5 die Messzelle 5 mit der flüssigen Phase entsprechend dem gesteuert

30 vorgegebenen Druckprofil beaufschlagt wird.

- Die Vorrichtung 20 weist ferner die Druckmesseinheit 12 zum Erfassen des Druckverlaufs entsprechend dem beaufschlagten Druckprofil direkt stromaufwärts von dem Druckbehälter 1 auf. Ein erfasster Druckwert wird von der Druckmesseinheit 12 der Steuereinrichtung 10 und einer Erfasseinrichtung 11 übermittelt. Gesteuert durch die Steuereinrichtung 10 wird das Schaltelement 3 dann derart geschaltet, dass das Schaltelement 3 bei mittels der Druckmesseinheit 12 festgestellter Überschreitung eines vorgebbaren Druckwerts (der dem Anfangswert des aufzuprägenden Druckprofils entsprechen kann) die Fluidverbindung zwischen dem Druckbehälter 1 und der Messzelle 5 aktiviert.
- 5 Nach diesem Schalten des Schaltelements 3 wird dieser erzeugte Druck verwendet, um die flüssige Phase aus dem Druckbehälter 1 durch die Messzelle 5 in den durchgehend auf Atmosphärendruck befindlichen Vorratsbehälter 7 zu überführen. Dadurch reduziert sich kontinuierlich und pulsationsfrei der Differenzdruck zwischen Druckbehälter 1 und Vorratsbehälter 7 bzw. zwischen 10 einem Eingang und einem Ausgang der Messzelle 5.
- 15 Eine Erfasseinrichtung 11 (zum Beispiel ein Prozessor oder ein Teil eines Prozessors) ist zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information an der Messzelle 5 während des Beaufschlagens des Druckbehälters 1 mit dem Druckprofil ausgebildet. Die Erfasseinrichtung 11 ist zum Erfassen der für das 20 Zetapotenzial indikativen Information basierend auf einer Strommessung (siehe Bezugszeichen 9 in Figur 1) und basierend auf einer Spannungsmessung (siehe Bezugszeichen 8 in Figur 1) an der Messzelle 5 eingerichtet. Die Vorrichtung 20 weist hierzu eine Eingangselektrode 4 an einem Eingang der Messzelle 5 und eine Ausgangselektrode 6 an einem Ausgang der Messzelle 5 auf, wobei die 25 Erfasseinrichtung 11 zum Erfassen von Signalen bzw. Messwerten zwischen der Eingangselektrode 4 und der Ausgangselektrode 6 angeordnet ist. Die Eingangselektrode 4 ist zum Wechselwirken mit der flüssigen Phase an dem Eingang der Messzelle 5 und die Ausgangselektrode 6 ist zum Wechselwirken mit der flüssigen Phase an dem Ausgang der Messzelle 5 angeordnet. Die 30 Erfasseinrichtung 11 erfasst mittels der Eingangselektrode 4 und mittels der

Ausgangselektrode 6 optional auch eine für einen elektrischen Widerstand der festen Phase und der flüssigen Phase in der Messzelle 5 indikative Information. Basierend auf dieser Information kann ermittelt werden, ob sich in der Messzelle 5 unerwünschte Gasblasen befinden, welche die Messung des Zetapotenzials

5 verfälschen würden. Auch kann diese Information herangezogen werden, um einem Beitrag der festen Phase zur elektrischen Gesamtleitfähigkeit zu ermitteln.

Die Vorrichtung 20 weist ferner einen

Flüssigphasenrückfördermechanismus zum Rückfordern von flüssiger Phase von dem Vorratsbehälter 7 in den Druckbehälter 1 auf. Der

10 Flüssigphasenrückfördermechanismus ist durch eine Fluidleitung 22 gebildet, deren eines Ende in die in dem Vorratsbehälter 7 aufgenommene, bereits vermessene flüssige Phase eintaucht und deren anderes Ende durch das Schaltelement 3 in Fluidverbindung mit dem Druckbehälter 1 bringbar ist. Das Schaltelement 3 ist also in dem durch die Fluidleitung 22 konstituierten

15 fluidischen Pfad angeordnet, in dem mittels des Flüssigphasenrückfördermechanismus flüssige Phase von dem Vorratsbehälter 7 zu dem Druckbehälter 1 rückförderbar ist. Die Pumpe 2 kann die Förderleistung zum Rückfordern der Flüssigkeit aufbringen und hierfür in umgekehrter Richtung fördern als zuvor.

20 Die in Figur 1 gezeigte Vorrichtung 20 ist zur pulsationsfreien Änderung der Druckdifferenz mit gleichzeitiger Messung des Strömungspotenzials und Strömungsstroms ausgebildet. Im Druckbehälter 1 wird der Druck im Gasraum oberhalb der Flüssigkeit mit der Pumpe 2, beispielsweise einer Membranpumpe, oder der Gasdruckversorgung 14, beispielsweise eine Stickstoffflasche, erhöht.

25 Der erzeugte Druck wird über die Druckmesseinheit 12 gemessen. Anschließend öffnet das als Ventil ausgebildete Schaltelement 3, und die Flüssigkeit strömt durch die oder vorbei an der Eingangselektrode 4 in die Messzelle 5. Das Öffnen und Schließen des Schaltelements 3 und die Steuerung bzw. Regelung der Pumpe 2 erfolgt über die Steuereinrichtung 10. Die Festkörperprobe in der 30 Messzelle 5 ist an entsprechenden Probenträgern derart befestigt, dass sich aus

dem Probenmaterial ein Strömungskanal in Form einer Kapillare, beispielsweise mit einer rechteckigen Querschnittsfläche, bildet. Nach der Messzelle 5 strömt die Flüssigkeit durch die oder vorbei an der Ausgangselektrode 6 und wird in dem Vorratsbehälter 7 aufgefangen. Während dieses Vorgangs nimmt der

- 5 Differenzdruck (d.h. Gasdruck in Druckbehälter 1 versus atmosphärischer Druck) sukzessive ab und ein Strömungspotenzial oder ein Strömungsstrom werden während des Durchtritts der Flüssigkeit durch den Strömungskanal in der Messzelle 5 erzeugt. Das Strömungspotenzial wird als Spannungswert zwischen der Eingangselektrode 4 und der Ausgangselektrode 6 über einen elektrischen
- 10 Schaltkreis (siehe Bezugszeichen 8) gemessen. Der Strömungsstrom wird als Stromwert zwischen der Eingangselektrode 4 und der Ausgangselektrode 6 über einen weiteren elektrischen Schaltkreis (siehe Bezugszeichen 9) gemessen. Die gemessenen Werte werden an die Auswerteeinheit bzw. Erfasseinrichtung 11 zur Bestimmung des Zetapotenzials übermittelt.

- 15 Die in Figur 1 beschriebene Vorrichtung 20 kann auch dazu verwendet werden, Flüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 7 mit Hilfe der Pumpe 2, beispielsweise einer Membranpumpe, durch eine entsprechende Schaltung des Schaltelements 3 in den Druckbehälter 1 zu überführen.

- Figur 1 zeigt zusätzlich eine Ventilanordnung, die aus den Ventilen 13, 15
20 gebildet ist, zur Beaufschlagung von Druck im Druckbehälter 1 durch die Pumpe 2 oder die externe Gasdruckversorgung 14 und dem Erzeugen von Unterdruck für die Überführung bzw. Rückführung von Flüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 7 in den Druckbehälter 1 (d.h. durch Ansaugen). Die Steuerung oder Regelung der Ventile 13, 15, die beispielsweise als mehrere 2-Wege-Ventile oder 3-Wege-
25 Ventile ausgebildet sein können, erfolgt ebenfalls durch die Steuereinrichtung 10.

- Die Eingangselektrode 4 und die Ausgangselektrode 6 werden auch verwendet, um den elektrischen Widerstand im Strömungskanal der Messzelle 5 zu messen. Der Widerstand dient vorwiegend der Kontrolle der luftblasenfreien Befüllung der Messzelle 5 und insbesondere des Strömungskanals, wird aber
30 auch verwendet, um den Beitrag der Festkörperprobe zur elektrischen

Gesamtleitfähigkeit im Strömungskanal zu bestimmen. Die Kenntnis der tatsächlichen Gesamtleitfähigkeit im Strömungskanal ermöglicht die Korrektur des nach der obigen Gleichung 2 berechneten Zetapotenzials im Fall von ionisch oder elektronisch leitfähigen Festkörperproben.

- 5 Die Druckbeaufschlagung der Messlösung mit einem komprimierten Gaspolster und die kontinuierliche Abnahme des Drucks nach dem Schalten des Schaltelements 3 ermöglicht eine pulsationsfreie Änderung der Druckdifferenz. Das pulsationsfreie Aufbringen der Druckdifferenz ist insbesondere bei einer sich zeitlich ändernden Druckdifferenz vorteilhaft, da Pulsationen im Flüssigkeitsstrom 10 zu unmittelbaren und ungewollten Änderungen im Strömungspotenzial oder Strömungsstrom führen. Diese Schwankungen können zu einem systematischen Fehler in der Berechnung des Zetapotenzials führen.

15 Eine Basislinienkorrektur kann bei der Vorrichtung 20 gemäß Figur 1 die Messgenauigkeit in bestimmten Szenarien signifikant verbessern. Hierfür kann das Ventil 3 während des Druckabbaus entsprechend dem vorgegebenen Druckprofil alternierend zwischen seiner eine Fluidverbindung zulassenden Ventilstellung und seiner eine Fluidverbindung unterbindenden Ventilstellung geschaltet werden, um in der die Fluidverbindung unterbindenden Ventilstellung 20 ein Basisliniensignal (insbesondere mehrere Male) zu erfassen und damit die Messung in der die Fluidverbindung zulassenden Ventilstellung zu korrigieren.

20 **Figur 2** zeigt eine Vorrichtung 20 zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial an einer Grenzfläche zwischen einer festen Phase und einer flüssigen Phase indikativer Information gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die in Figur 2 gezeigte Vorrichtung 20 weist einige der in Figur 1 gezeigten Komponenten doppelt auf, wobei zur besseren Unterscheidung die in Figur 1 verwendeten Bezugszeichen in Figur 2 mit dem zusätzlichen Buchstaben „a“ gekennzeichnet sind (zum Beispiel Druckbehälter 1a, der Druckbehälter 1 gemäß Figur 1 entspricht, etc.).

25 Die Vorrichtung 20 weist ferner einen weiteren Druckbehälter 1b auf, in dem weitere flüssige Phase aufnehmbar ist. Ferner enthält die Vorrichtung 20

gemäß Figur 2 zusätzlich eine weitere Messzelle 5b, die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem weiteren Druckbehälter 1b angeordnet ist und in der weitere feste Phase aufnehmbar ist. Die Druckbeschlageinrichtung 19 ist zum Beaufschlagen auch des weiteren Druckbehälters 1b mit einem Druckprofil mit

- 5 einer zeitlich kontinuierlichen Druckänderung derart eingerichtet, dass dadurch weitere flüssige Phase aus dem weiteren Druckbehälter 1b durch die weitere Messzelle 5b förderbar ist. Die Erfasseinrichtung 11 kann zusätzlich zum Erfassen von für das Zetapotenzial indikativer Information an der weiteren Messzelle 5b während des Beaufschlagens des weiteren Druckbehälters 1b mit dem
- 10 Druckprofil ausgebildet sein.

Gemäß einer Alternative ist die Erfasseinrichtung 11 ausgebildet, einen fluidischen Pfad aus dem weiteren Druckbehälter 1b und der weiteren Messzelle 5b als Referenzmesspfad für einen Messpfad aus dem Druckbehälter 1a und der Messzelle 5a einzusetzen.

- 15 Gemäß einer anderen Alternative kann ein fluidischer Pfad aus dem weiteren Druckbehälter 1b und der weiteren Messzelle 5b als zusätzlicher Messpfad zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial an einer Grenzfläche zwischen der weiteren festen Phase und der weiteren flüssigen Phase indikativer Information ausgebildet sein.

- 20 Figur 2 zeigt den oben beschriebenen Aufbau mit einem zusätzlichen Messzweig. Der Messzweig ist aus dem weiteren Druckbehälter 1b, einem weiteren Ventil als weiteres Schaltelement 3b, der weiteren Messzelle 5b, zwei weiteren Elektroden 4b, 6b (das heißt einer weiteren Eingangselektrode und einer weiteren Ausgangselektrode) und einer weiteren Druckmesseinheit 12b gebildet. Der zusätzliche Messzweig dient zum Beispiel zur Messung einer Referenzprobe, wobei die beiden Druckbehälter 1a und 1b mit voneinander verschiedenen Lösungen gefüllt werden und somit gleiche Proben in den Messzellen 5a und 5b mit verschiedenen Lösungen durchströmt oder umströmt werden, um das unterschiedliche Adsorptionsverhalten an der Probe zu
- 25 bestimmen. Dabei befinden sich die Basislösung und die Messlösung in separaten
- 30

Druckbehältern 1a, 1b. Die gemessenen Drücke der beiden Druckmesseinheiten 12a und 12b werden zur Bestimmung des Zetapotenzials in die Auswerteeinheit bzw. Erfasseinrichtung 11 geliefert.

Analog wie oben beschrieben, können die beiden unterschiedlichen

- 5 Lösungen in zwei separaten Vorratsbehältern 7a, 7b aufgefangen werden und mittels geeigneter Schaltung der jeweiligen Ventile (siehe Bezugszeichen 3a, 3b, 13, 15) in die jeweiligen Druckbehälter 1a oder 1b zurückbefördert werden.

Des Weiteren können zwei verschiedene Proben mit der gleichen

Messlösung gemessen werden. Beispielsweise kann so eine unbehandelte

- 10 Referenzprobe (Messzelle 5a) mit einer oberflächenmodifizierten Probe (Messzelle 5b) parallel gemessen und die Messergebnisse direkt verglichen werden. Hier ist es wiederum möglich, die Messlösung von Vorratsbehälter 7 (bzw. 7a, 7b) über eine geeignete Steuerung oder Regelung der jeweiligen Ventile (siehe Bezugszeichen 3a, 3b, 13, 15) zurück in den Druckbehälter 1 15 (bzw. 1a, 1b) zu transportieren.

Die Steuereinrichtung 10 steuert oder regelt dabei je nach gewähltem Messprinzip die Ventile (siehe Bezugszeichen 3a, 3b, 13 und 15) und die Pumpe

2. Die beschriebene Vorrichtung 20 zur pulsationsfreien Änderung der Druckdifferenz ermöglicht eine kontinuierliche Messung dieser Änderung und der 20 zugehörigen Änderung des Strömungspotenzials oder Strömungsstroms.

Figur 3 zeigt ein Diagramm 300, das als Beispiel eine Messung von Strömungsstrom im Druckbereich 150-800 mbar zeigt und eine Abhängigkeit zwischen der Zeit (siehe Abszisse 302), einer Druckdifferenz (siehe erste

- 25 Ordinate 304) und dem Strömungsstrom (siehe zweite Ordinate 306) gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung zeigt. Figur 3 zeigt die Abnahme des Differenzdrucks und des negativen Strömungsstroms nach Druckbeaufschlagung des Druckbehälters 1. Die lineare Korrelation von Strömungsstrom und Differenzdruck (373 Messpunkte) ergibt den 30 Strömungsstromkoeffizienten $dl_{str}/d\Delta p = -63,3 \text{ nA/bar}$. Wichtig für eine präzise Zuordnung von Differenzdruck und zugehörendem Strömungspotenzial oder

Strömungsstrom ist die zeitgleiche Messung dieser Parameter. Die Messung findet im Sub-Sekunden-Bereich, bevorzugt ca. alle 100 ms, statt. Der Strömungsstromkoeffizient im Beispiel in Figur 3 ergibt sich aus der linearen Regression der Abhängigkeit des Strömungsstroms vom Differenzdruck.

- 5 Bei hoher Ionenstärke verringert sich das Signal/Rausch-Verhältnis. Die zeitliche Änderung des Spannungs- oder Stromwertes unter stationären Bedingungen ($\Delta p = 0$ bar) führt zu einer Abweichung in der Linearität des Zusammenhangs zwischen Strömungspotenzial oder Strömungsstrom und dem Differenzdruck. Die kontinuierliche Verschiebung der Basislinie, hervorgerufen
- 10 durch die oben beschriebenen Effekte der Elektrodenpolarisation und elektronischer Drifterscheinungen, und deren Einfluss auf das Messsignal (Strömungspotenzial oder Strömungsstrom) werden durch aufeinanderfolgende Messungen von Spannung oder Strom bei anliegender Druckdifferenz und bei $\Delta p = 0$ bar aufgenommen. Dabei ändert sich die anliegende Druckdifferenz während
- 15 der Zyklen der Messungen von Strömungspotenzial und Strömungsstrom kontinuierlich von hohem zu niedrigem Differenzdruck.

- Figur 4** zeigt ein Diagramm 400 als Beispiel für die Messung des Strömungspotenzials während der kontinuierlichen Abnahme des Differenzdrucks und die in Serie geschaltete Messung der zeitlichen Änderung des
- 20 Asymmetriepotenzials (Basislinie). Das Diagramm 400 zeigt eine Abhängigkeit zwischen der Zeit, einer Druckdifferenz und dem Strömungspotenzial (siehe zusätzliche Ordinate 402) gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung. Das Verfahren zur Korrektur der Basislinie wird dadurch verdeutlicht, dass das Strömungspotenzial (bei anliegendem Differenzdruck) bzw. das
- 25 Asymmetriepotenzial (bei $\Delta p = 0$ bar) gegen den Differenzdruck aufgetragen werden (Figur 5; Druckdaten für den stationären Zustand, d.h. $\Delta p = 0$, sind nicht gezeigt).

- Figur 5** zeigt ein Diagramm 500, das ein Verfahren zur Korrektur einer Basislinie gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung
- 30 dadurch verdeutlicht, dass entlang einer Ordinate 504 das Strömungspotenzial

- (bei anliegendem Differenzdruck) bzw. das Asymmetriepotenzial (bei $\Delta p = 0$ bar) gegen den an der Abszisse 502 dargestellten Differenzdruck aufgetragen gezeigt ist. Figur 5 stellt somit das Strömungspotenzial als Funktion des Differenzdrucks dar. Das Strömungspotenzial bei $\Delta p = 0$ bar (Druckdaten nicht angezeigt)
- 5 entspricht dem Asymmetriepotenzial (Basislinie). Die Spannungswerte der Basislinie und der Druckrampe werden durch geeignete Funktionen, bevorzugt durch Polynome zweiter Ordnung, beschrieben, die für die Korrektur der Basislinie verwendet werden.

Figur 6 zeigt ein Diagramm 600, das ein Verfahren zur Korrektur einer Basislinie gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung dadurch verdeutlicht, dass entlang der Ordinate 504 das Strömungspotenzial (bei anliegendem Differenzdruck) bzw. das Asymmetriepotenzial (bei $\Delta p = 0$ bar) gegen den an der Abszisse 502 dargestellten Differenzdruck aufgetragen gezeigt ist. Figur 6 zeigt somit einen Vergleich der Druckrampe (Strömungspotenziale versus Differenzdruck) mit Basislinienkorrektur ($dU_{str}/d\Delta p = -34,96$ mV/bar) mit der Druckrampe ohne Basislinienkorrektur ($dU_{str}/d\Delta p = -31,09$ mV/bar). Der Fehler im Strömungspotenzialkoeffizient (Steigung) und damit im Zetapotenzial beträgt 12 % (wobei die Daten aus Figur 4 und Figur 5 verwendet worden sind).

Die Spannungswerte der Druckrampe (Strömungspotenzial bei anliegendem Druck) und der Basislinie (Asymmetriepotenzial bei $\Delta p = 0$ bar) werden durch geeignete Funktionen, bevorzugt durch eine Polynomfunktion 2. Grades, beschrieben. Der zeitliche Drift der Basislinie wird vom zeitlichen Verlauf des Strömungspotenzials mit gleichzeitig abnehmender Druckdifferenz abgezogen. Ohne Basislinienkorrektur ergibt sich aus den Messwerten von 25 Strömungspotenzial und Differenzdruck in Figur 4 und Figur 5 ein Strömungspotenzialkoeffizient $dU_{str}/d\Delta p = -31,085$ mV/bar und ein linearer Regressionskoeffizient $r^2 = 0,998$. Mit Hilfe der hier beschriebenen Methode der Basislinienkorrektur erhält man die Werte $dU_{str}/d\Delta p = -34,961$ mV/bar und $r^2 = 0,9996$ (Figur 6).

Figur 7 zeigt Diagramm 700, das für das Beispiel einer Druckkrampenmessung für eine leitfähige Probe in Gegenwart einer 0.001 mol/l KCl Lösung eine Abhängigkeit zwischen einer Druckdifferenz und dem Strömungspotenzial zeigt. Die Linearität des Zusammenhangs zwischen

5 Strömungspotenzial und Differenzdruck ohne Basislinienkorrektur wird in bestimmten Szenarien als nicht ausreichend angesehen (Messpunkte in Fig. 7), in denen eine sehr hohe Messgenauigkeit gewünscht wird. Die strichlierte Linie zeigt die korrekte Steigung nach der Korrektur der Basislinie, wodurch eine weiter stark verbesserte Messgenauigkeit erhalten werden kann.

10 Im Weiteren werden Anwendungsbeispiele gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen beschrieben.

Der isoelektrische Punkt (IEP) ist definiert als jener pH Wert einer wässrigen Lösung, an dem das Zetapotenzial den Wert 0 mV annimmt. Unabhängig von der Ionenstärke der Elektrolytlösung sind die

15 Strömungspotenzial- und Strömungsstromwerte in unmittelbarer Umgebung des IEP daher sehr niedrig. Eine zeitliche Änderung des Asymmetriepotenzials der Elektroden beeinflusst daher auch bei geringer Ionenstärke die Qualität der Messungen von Strömungspotenzial und Strömungsstrom. Bei höheren Ionenstärken tragen die Elektrodenpolarisation aufgrund der

20 Elektrolytkonzentration und andere Drifterscheinungen zur zeitlichen Instabilität der Basislinie bei.

Die Bestimmung des IEP ist besonders kritisch bei Materialien, die aufgrund ihrer Porosität oder Quellfähigkeit in wässriger Lösung deutlich zur elektrischen Leitfähigkeit im Strömungskanal der Messzelle beitragen, sowie bei 25 Materialien, die ihren IEP im niedrigen pH Bereich aufweisen. Als Beispiele für die Bestimmung des IEP unter diesen erschwerenden Bedingungen seien Zellulosefasern (starke Quellfähigkeit) oder der Nachweis von Sulfonsäuregruppen (IEP bei $\text{pH} < 2$) an entsprechend modifizierten Polymeroberflächen genannt.

Eine Messung bei hoher Ionenstärke wird möglich. Mit zunehmender Elektrolytkonzentration (Ionenstärke) erhöht sich die Polarisierbarkeit von Elektroden. Ohne Korrektur der Basislinie und ihrer zeitlichen Änderung führt eine Messung von Strömungspotenzial und Strömungsstrom bei Ionenstärken von $I > 0.1 \text{ mol/l}$ oft zu keinen sinnvollen Ergebnissen.

- 5 Ein Beispiel ist die Charakterisierung von Polymermembranen für die Nanofiltration und die Umkehrosmose, deren Zetapotenzial in Gegenwart hoher Ionenstärke, die der Salinität von Meerwasser entspricht ($I > 0.5-0.7 \text{ mol/l}$), bestimmt werden soll. Ein weiteres Beispiel ist die Messung des
- 10 Strömungspotenzials und Strömungsstroms an Oberflächen von Stahl- oder Titanlegierungen in Gegenwart physiologischer Pufferlösungen ($> 0.15 \text{ mol/l}$).

Auch Adsorptionsvorgänge können ausgemessen werden. Die beschriebene Vorrichtung zur pulsationsfreien Änderung der Druckdifferenz mit gleichzeitiger Messung des Strömungspotenzials und Strömungsstroms und die ebenfalls beschriebene Methode der Basislinienkorrektur eignen sich zur Messung von Adsorptionsvorgängen in Flüssigkeit gelöster Stoffe, wie beispielsweise Tenside, Proteine und andere Polyelektrolyte, sowie in Flüssigkeit suspendierter Nanopartikel an Festkörperoberflächen unterschiedlicher Größe und Form. Die Einbringung dieser Stoffe, im Weiteren als Adsorbat bezeichnet, in die

15 Messlösung und die Messung des Strömungspotenzials oder Strömungsstroms bei sich ändernder Konzentration von Adsorbat im Strömungskanal können zu einem weiteren Polarisationseffekt der Messelektroden führen. Die Größe dieses Effekts ist abhängig von der Art und Konzentration des Adsorbats und der Ionenstärke der Elektrolytlösung, aus der die Adsorption an der

20 Festkörperoberfläche erfolgt. Die Messung von Adsorptionsprozessen ist im Wesentlichen bei hoher Ionenstärke erwünscht, beispielsweise in Gegenwart physiologischer Pufferlösungen ($I > 0.15 \text{ mol/l}$). Komplexe Adsorbate, beispielsweise Proteine, lagern sich zumindest temporär an der Oberfläche der

25 Messelektroden an und ändern daher das Asymmetriepotenzial (Basislinie). Eine serielle Messung von Strömungspotenzial bei anliegender Druckdifferenz (als

30

Indikator des Adsorptionsvorgangs) und des Asymmetriepotenzials bei $\Delta p = 0$ bar (Basislinie) ist daher vorteilhaft für eine sinnvolle Analyse des Adsorptionsprozesses.

Anwendungsbeispiele sind die Analyse von Haarproben in Gegenwart von

- 5 Emulsionen (z.B. Shampoo, Spülung), die Charakterisierung der Reinigungseffizienz von Spülmittel an Glasoberflächen oder der Wechselwirkung von Waschmittel und Weichspüler mit Textilgewebe, und die oben erwähnte Interaktion von Proteinen mit der Oberfläche von Biomaterialien (Metalle, Keramiken, Polymere, etc.).
- 10 Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass „aufweisend“ keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und „eine“ oder „ein“ keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben 15 beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information zum Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen einer festen Phase und einer flüssigen Phase, wobei das Verfahren aufweist:
 - 5 Aufnehmen der flüssigen Phase in einem Druckbehälter (1);
 - Aufnehmen der festen Phase in einer Messzelle (5), die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem Druckbehälter (1) bringbar angeordnet ist;
 - Anordnen eines Vorratsbehälters (7) stromabwärts von und in
 - 10 Fluidkommunikation mit der Messzelle (5);
 - Beaufschlagen des Druckbehälters (1) mit einem Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen Druckänderung derart, dass dadurch flüssige Phase aus dem Druckbehälter (1) durch die Messzelle (5) in den Vorratsbehälter (7) förderbar ist; und
 - 15 Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information an der Messzelle (5) während des Beaufschlagens des Druckbehälters (1) mit dem Druckprofil.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information bei hoher Ionenstärke, insbesondere bei einer Ionenstärke von mindestens 0.001 mol/l, weiter insbesondere bei einer Ionenstärke von mindestens 0. 1 mol/l, durchgeführt wird.
- 25 3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei das Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information während eines Adsorptionsprozesses oder während eines Desorptionsprozesses durchgeführt wird.
4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information an einer metallischen
- 30 Materialoberfläche durchgeführt wird.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information in unmittelbarer Nähe des isoelektrischen Punktes, insbesondere bei höchstens fünf Prozent Abweichung des pH-Werts von dem isoelektrischen Punkt, durchgeführt wird.
- 10 6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Messzelle (5) ein Druckprofil mit einer pulsationsfreien Druckänderung bereitgestellt wird.
- 15 7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die für das Zetapotenzial indikative Information unter Durchführung einer Basislinienkorrektur, insbesondere einer Korrektur einer sich zeitlich ändernden Basislinie, ermittelt wird.
- 20 8. Verfahren gemäß Anspruch 7, wobei die Basislinienkorrektur unter Berücksichtigung eines Asymmetriepotenzials einer Eingangselektrode (4) an einem Eingang der Messzelle (5) und einer Ausgangselektrode (6) an einem Ausgang der Messzelle (5) erfolgt.
- 25 9. Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei die Basislinienkorrektur unter Berücksichtigung einer zeitlichen Änderung des Asymmetriepotenzials hinsichtlich eines Zusammenhangs zwischen einem Strömungspotenzial oder einem Strömungsstrom einerseits und einem Differenzdruck andererseits erfolgt.
- 30 10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei ein von der festen Phase und der flüssigen Phase unabhängiges, insbesondere auf einem Asymmetriepotenzial einer Eingangselektrode (4) an einem Eingang der Messzelle (5) und einer Ausgangselektrode (6) an einem Ausgang der Messzelle (5) beruhendes, Basissignal während des Beaufschlagens des Druckbehälters (1) mit dem Druckprofil ermittelt wird.

11. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei während der Druckänderung alternierend zwischen einem eine Fluidverbindung zwischen dem Druckbehälter (1) und der Messzelle (5) zulassenden Betriebsmodus und einem 5 eine Fluidverbindung zwischen dem Druckbehälter (1) und der Messzelle (5) unterbindenden Betriebsmodus gewechselt wird, um in dem die Fluidverbindung unterbindenden Betriebsmodus, insbesondere mehrere Male, ein Basisliniensignal zu erfassen und damit ein in dem die Fluidverbindung zulassenden Betriebsmodus erfasstes Messsignal zu korrigieren.
- 10
12. Vorrichtung (20) zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information zum Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen einer festen Phase und einer flüssigen Phase, wobei die Vorrichtung (20) aufweist:
- 15 einen Druckbehälter (1), in dem die flüssige Phase aufnehmbar ist;
 - 15 eine Messzelle (5), die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem Druckbehälter (1) bringbar angeordnet ist und in der die feste Phase aufnehmbar ist;
 - 15 einen Vorratsbehälter (7), der stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit der Messzelle (5) angeordnet ist;
 - 20 eine Druckbeaufschlagungseinrichtung (19), die zum Beaufschlagen des Druckbehälters (1) mit einem Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen Druckänderung derart eingerichtet ist, dass dadurch flüssige Phase aus dem Druckbehälter (1) durch die Messzelle (5) in den Vorratsbehälter (7) förderbar ist; und
 - 25 eine Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information an der Messzelle (5) während des Beaufschlagens des Druckbehälters (1) mit dem Druckprofil.

13. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 12, wobei die Druckbeaufschlagungseinrichtung (19) ausgebildet ist, der Messzelle (5) ein Druckprofil mit einer pulsationsfreien Druckänderung bereitzustellen.

5 14. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 12 oder 13, wobei die Druckbeaufschlagungseinrichtung (19) eingerichtet ist, einen Gasraum oberhalb der flüssigen Phase in dem Druckbehälter (1) mit einem komprimierten Gaspolster zu beaufschlagen, um dadurch das Druckprofil mit einer kontinuierlichen Abnahme des Drucks zu erzeugen.

10 15. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei die Druckbeaufschlagungseinrichtung (19) eine Druckerzeugungseinheit (2, 14) zum Erzeugen von Druck in dem Druckbehälter (1) und ein Schaltelement (3) aufweist, so dass mittels Schaltens des Schaltelements (3) zum fluidischen 15 Koppeln des Druckbehälters (1) mit der Messzelle (5) die Messzelle (5) mit der flüssigen Phase entsprechend dem Druckprofil beaufschlagbar ist.

20 16. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 15, wobei die Druckerzeugungseinheit aus einer Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus einer Pumpe (2), insbesondere einer Membranpumpe, und/oder einer Gasdruckversorgung (14), insbesondere einer Gasflasche.

17. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 15 oder 16, wobei das Schaltelement (3) zwischen dem Druckbehälter (1) und der Messzelle (5) angeordnet ist.

25 18. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 17, aufweisend eine Druckmesseinheit (12) zum Erfassen eines Drucks, insbesondere stromaufwärts von oder an dem Druckbehälter (1).

19. Vorrichtung (20) gemäß Ansprüchen 15 und 18, wobei das Schaltelement (3) derart schaltbar ist, dass es bei mittels der Druckmesseinheit (12) festgestellter Überschreitung eines vorgebbaren Druckschwellwerts die Fluidverbindung zwischen dem Druckbehälter (1) und der Messzelle (5) aktiviert.

5

20. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 19, wobei der Vorratsbehälter (7) überdruckfrei konfiguriert ist, insbesondere dessen Inneres auf Atmosphärendruck befindlich ist.

10 21. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 20, wobei die Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information basierend auf einer elektrischen Strommessung und/oder basierend auf einer elektrischen Spannungsmessung an der Messzelle (5) eingerichtet ist.

15 22. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 21, aufweisend eine Eingangselektrode (4) an einem Eingang der Messzelle (5) und eine Ausgangselektrode (6) an einem Ausgang der Messzelle (5), wobei die Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information zwischen der Eingangselektrode (4) und der Ausgangselektrode (6) 20 ausgebildet ist.

23. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 22, wobei die Eingangselektrode (4) zum Wechselwirken zumindest mit der flüssigen Phase an dem Eingang der Messzelle (5) und die Ausgangselektrode (6) zum Wechselwirken zumindest mit 25 der flüssigen Phase an dem Ausgang der Messzelle (5) angeordnet ist.

24. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 22 oder 23, wobei die Erfasseinrichtung (11) ausgebildet ist, mittels der Eingangselektrode (4) und mittels der Ausgangselektrode (6) eine für einen elektrischen Widerstand der festen Phase 30 und der flüssigen Phase in der Messzelle (5) indikative Information zu erfassen.

25. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 24, wobei die Erfasseinrichtung (11) ausgebildet ist, basierend auf der für den elektrischen Widerstand indikativen Information zumindest eine Information abzuleiten, die aus einer Gruppe 5 ausgewählt ist, die besteht aus Information hinsichtlich Gasblasen in der Messzelle (5), und einem Beitrag der festen Phase zur elektrischen Gesamtleitfähigkeit.
26. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 25, aufweisend einen 10 Flüssigphasenrückfördermechanismus zum Rückfordern von flüssiger Phase von dem Vorratsbehälter (7) in den Druckbehälter (1).
27. Vorrichtung (20) gemäß Ansprüchen 15 und 26, wobei das Schaltelement (3) in einem fluidischen Pfad angeordnet ist, in dem mittels des 15 Flüssigphasenrückfördermechanismus flüssige Phase von dem Vorratsbehälter (7) zu dem Druckbehälter (1) rückförderbar ist.
28. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 27, ferner aufweisend:
- 20 einen weiteren Druckbehälter (1b), in dem weitere flüssige Phase aufnehmbar ist;
- 25 eine weitere Messzelle (5b), die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem weiteren Druckbehälter (1b) bringbar angeordnet ist und in der weitere feste Phase aufnehmbar ist;
- 30 wobei die Druckbeschlageinrichtung (19) zum Beaufschlagen des weiteren Druckbehälters (1b) mit einem Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen Druckänderung derart eingerichtet ist, dass dadurch weitere flüssige Phase aus dem weiteren Druckbehälter (1b) durch die weitere Messzelle (5b) förderbar ist; wobei die Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen von für das Zetapotenzial indikativer Information an der weiteren Messzelle (5b) während des

Beaufschlagens des weiteren Druckbehälters (1b) mit dem Druckprofil ausgebildet ist.

29. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 28, wobei die Erfasseinrichtung (11) 5 ausgebildet ist, einen fluidischen Pfad aus dem weiterem Druckbehälter (1b) und der weiteren Messzelle (5b) als Referenzmesspfad für einen Messpfad aus dem Druckbehälter (1a) und der Messzelle (5a) einzusetzen.
30. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 28, wobei ein fluidischer Pfad aus dem 10 weiteren Druckbehälter (1b) und der weiteren Messzelle (5b) als zusätzlicher Messpfad zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information zum Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen der weiteren festen Phase und der weiteren flüssigen Phase ausgebildet ist.
- 15 31. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 30, wobei die Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information unter Durchführung einer Basislinienkorrektur, insbesondere einer Korrektur einer sich zeitlich ändernden Basislinie, eingerichtet ist.
- 20 32. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 31, wobei die Basislinienkorrektur unter Berücksichtigung eines Asymmetriepotenzials einer Eingangselektrode (4) an einem Eingang der Messzelle (5) und einer Ausgangselektrode (6) an einem Ausgang der Messzelle (5) erfolgt.
- 25 33. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 32, wobei die Basislinienkorrektur unter Berücksichtigung einer zeitlichen Änderung des Asymmetriepotenzials hinsichtlich eines Zusammenhangs zwischen einem Strömungspotenzial oder einem Strömungsstrom einerseits und einem Differenzdruck andererseits erfolgt.

34. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 33, wobei die Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen eines von der festen Phase und der flüssigen Phase unabhängigen, insbesondere auf einem Asymmetriepotenzial einer Eingangselektrode (4) an einem Eingang der Messzelle (5) und einer 5 Ausgangselektrode (6) an einem Ausgang der Messzelle (5) beruhenden, Basissignals während des Beaufschlagens des Druckbehälters (1) mit dem Druckprofil eingerichtet ist.
35. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 34, wobei die 10 Druckbeaufschlagungseinrichtung (19) zum Beaufschlagen des Druckbehälters (1) mit einem Druckprofil derart eingerichtet ist, dass eine Druckdifferenz zwischen einem Anfangsdruckwert an dem Druckbehälter (1) und einem Anfangsdruckwert an dem Vorratsbehälter (7) größer als eine Atmosphäre ist, insbesondere größer als 2 bar ist, weiter insbesondere zwischen 5 bar und 10 bar 15 ist.

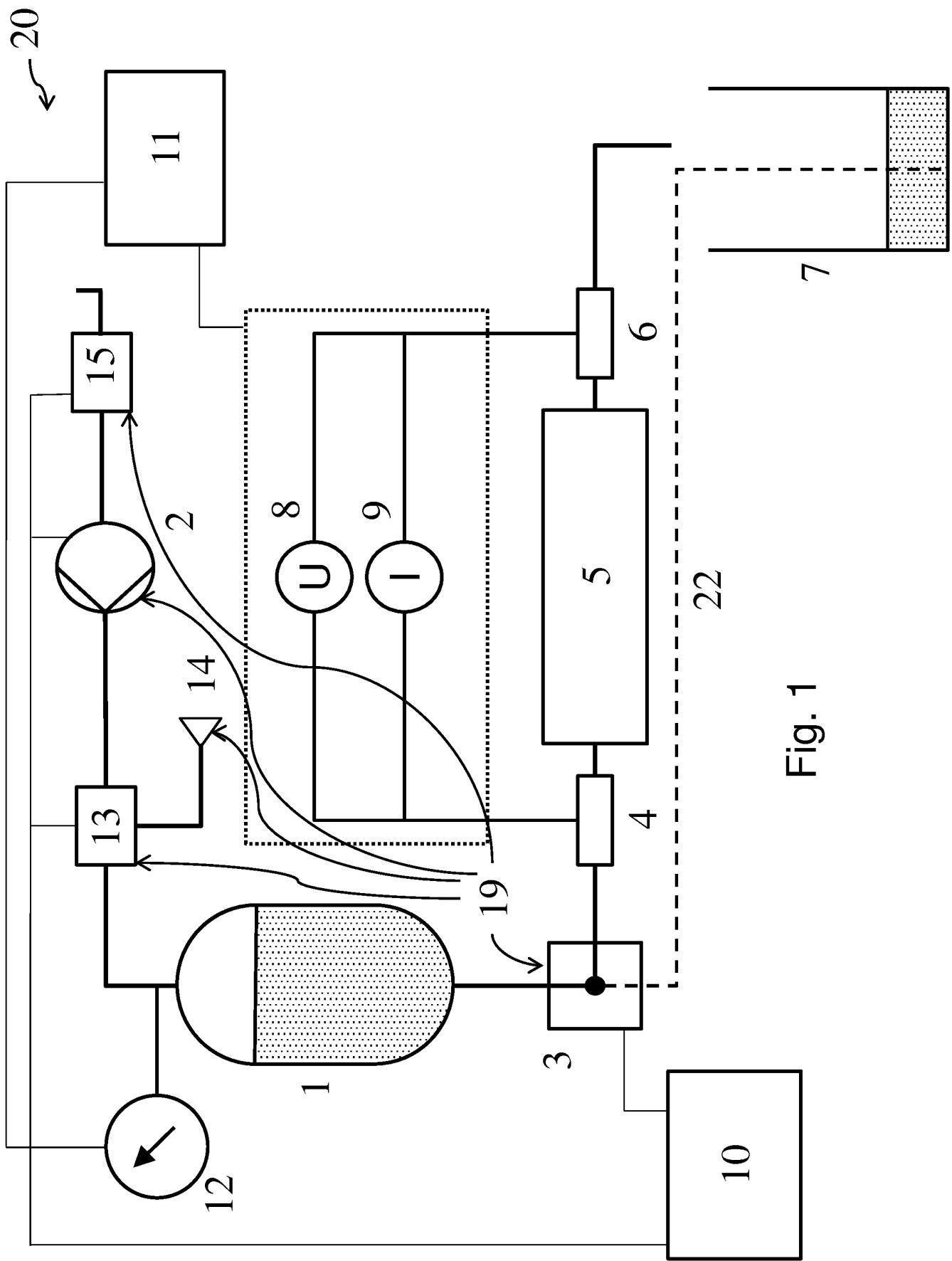
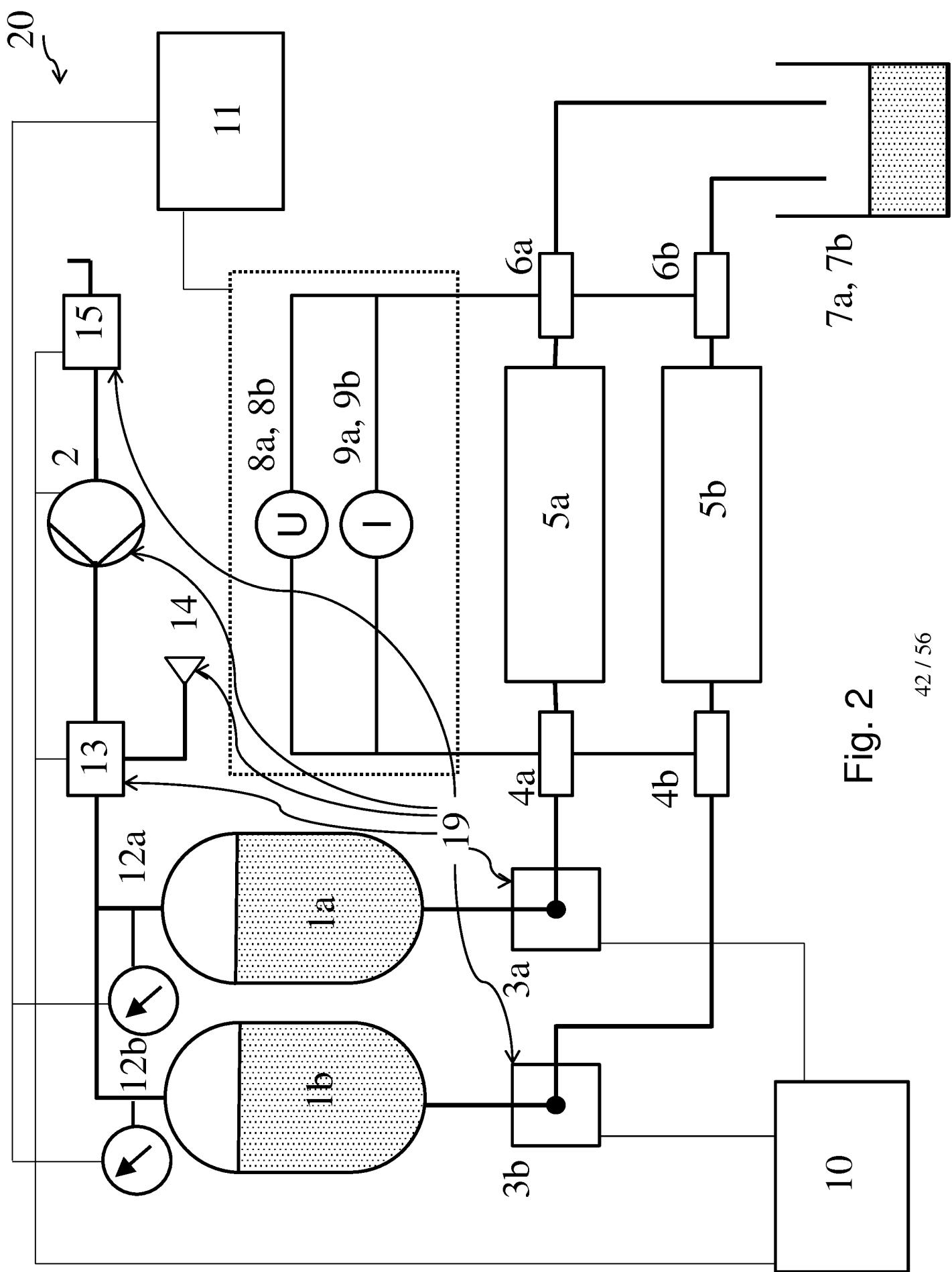


Fig. 1



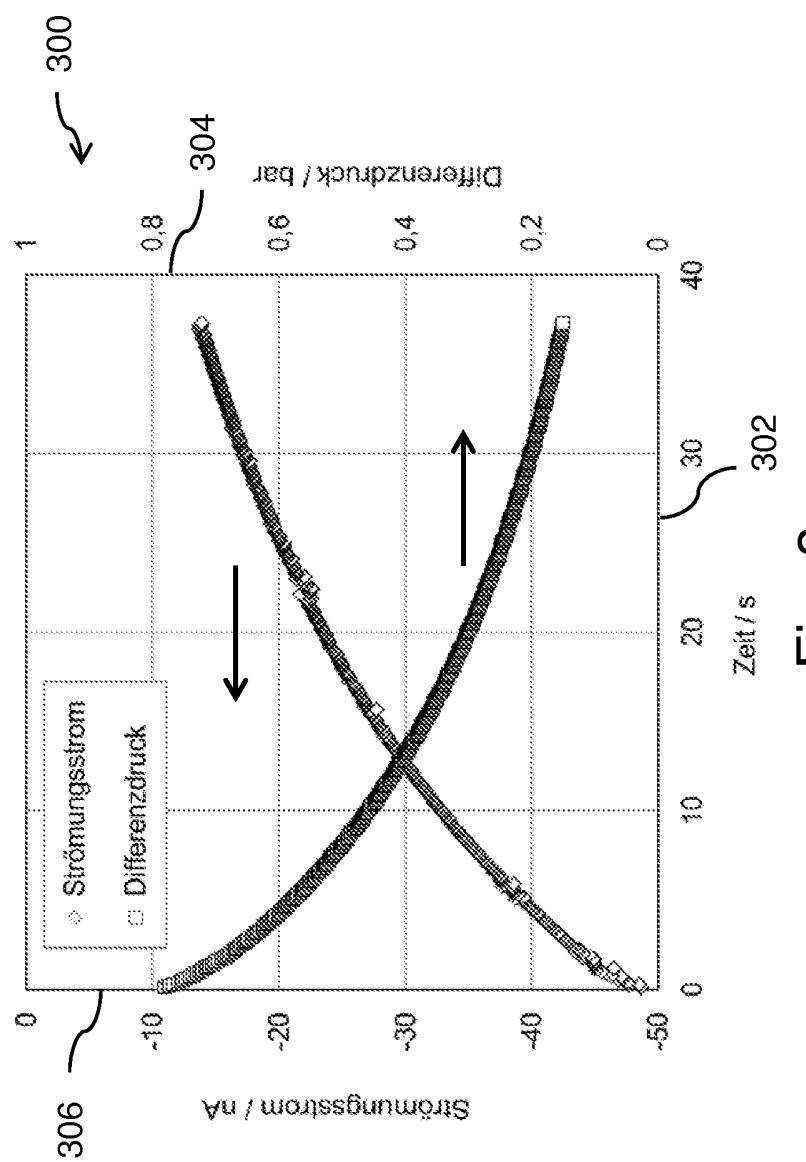
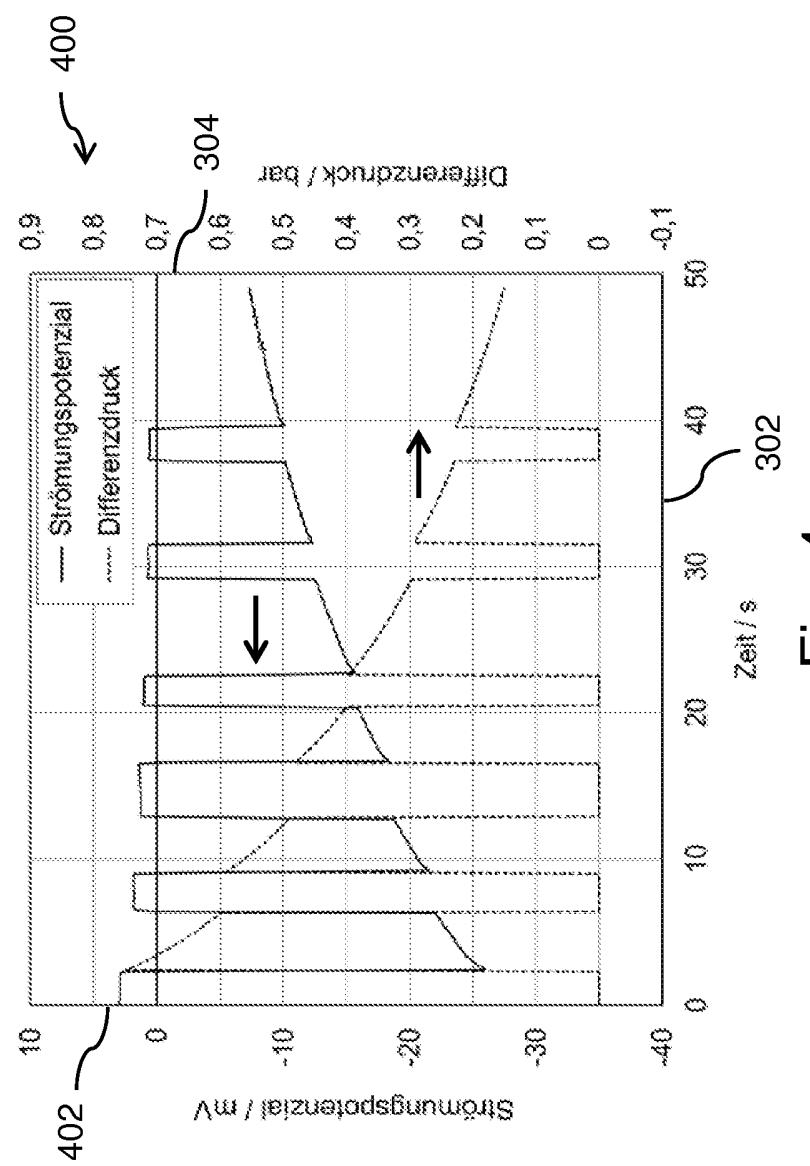


Fig. 3



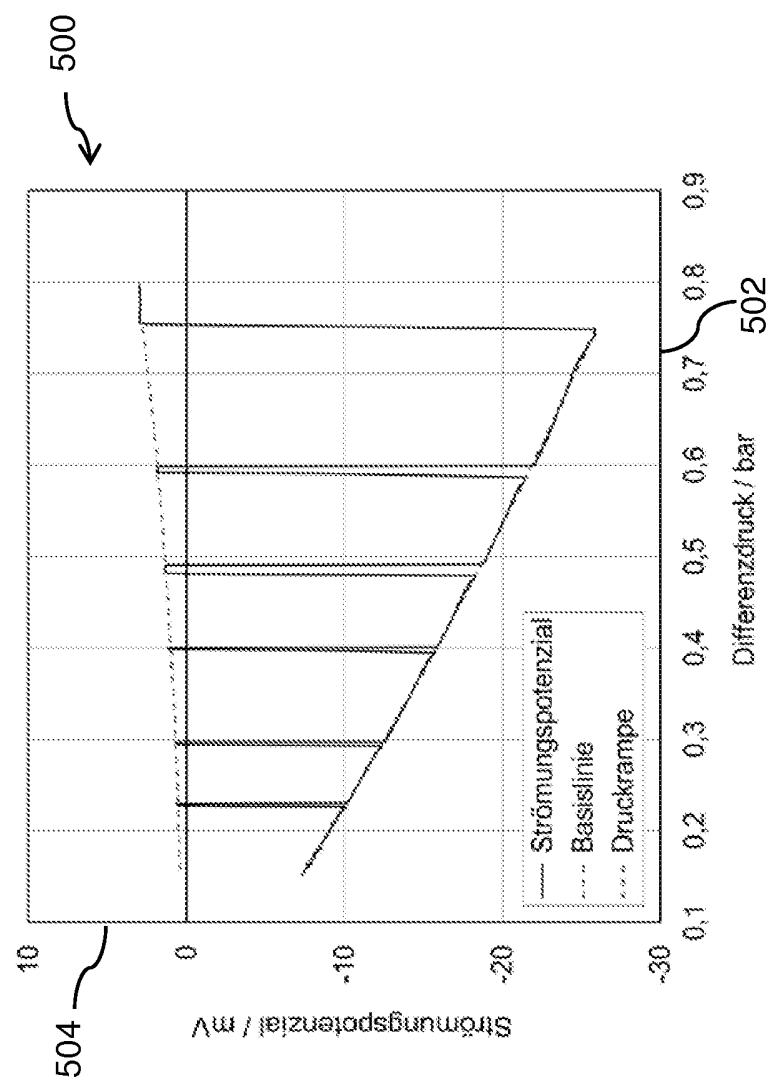


Fig. 5

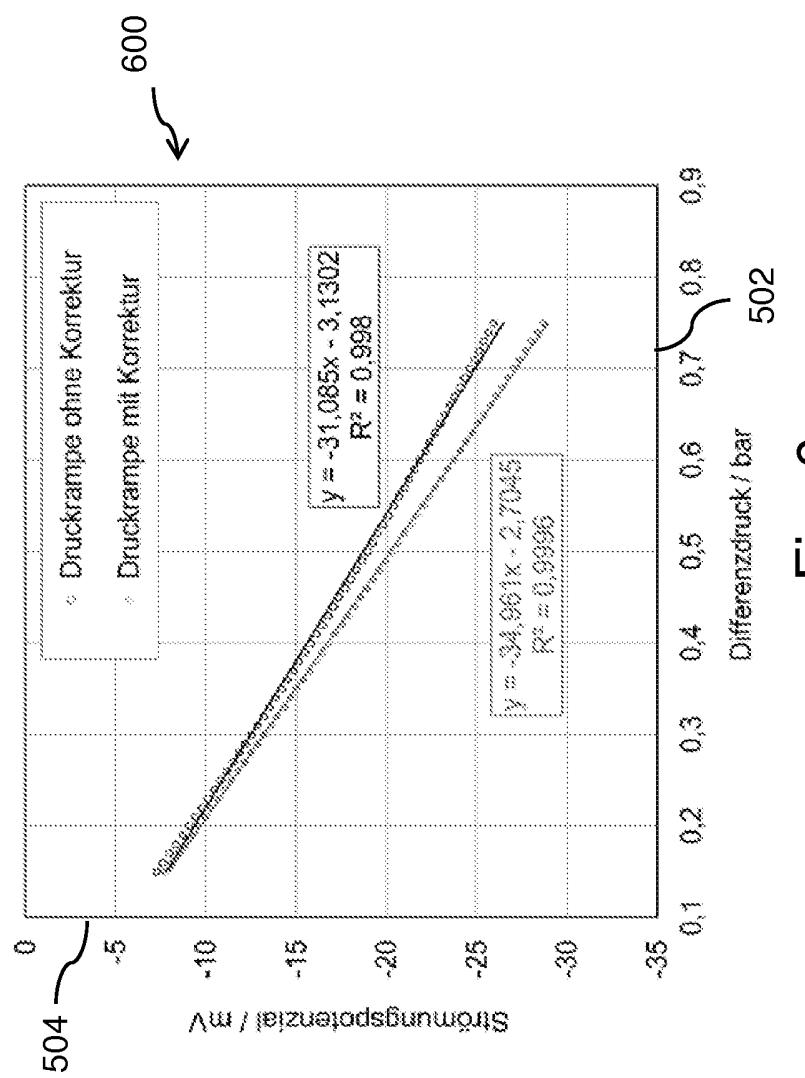


Fig. 6

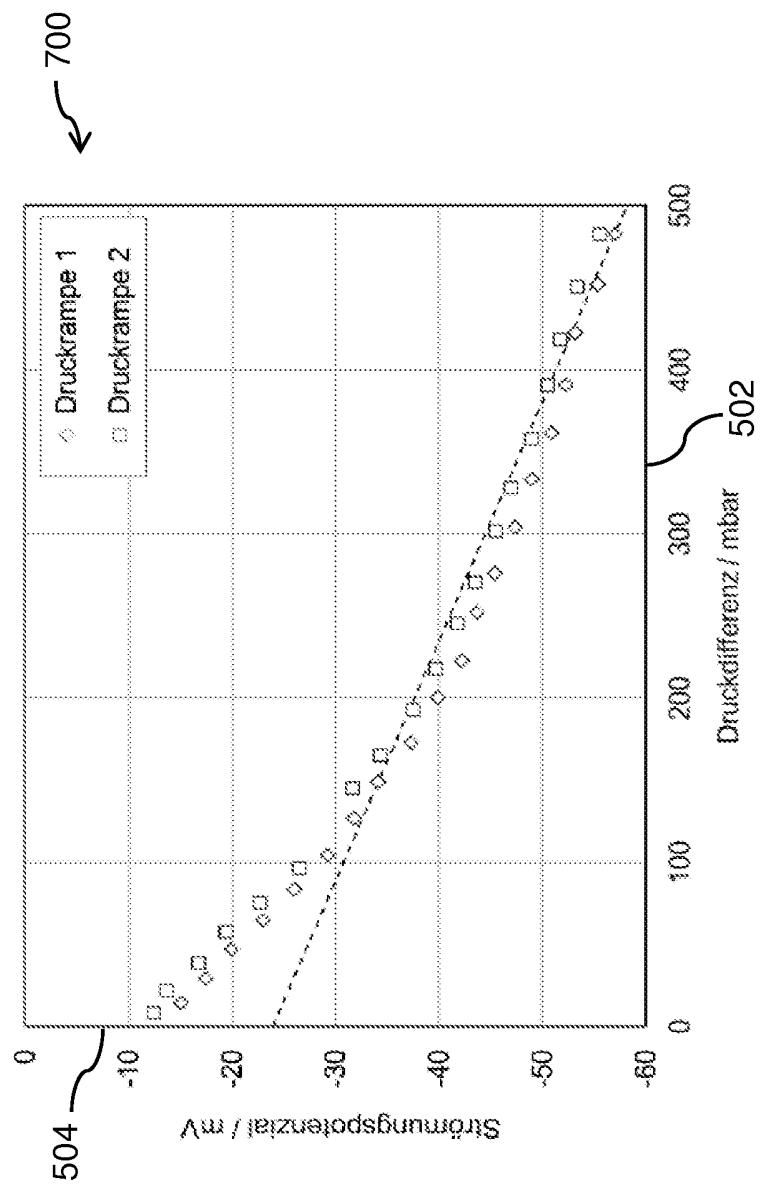


Fig. 7

<p>Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: G01N 27/26 (2006.01); G01N 27/60 (2006.01); D21H 23/08 (2006.01); G01N 33/34 (2006.01); G01N 33/18 (2006.01)</p> <p>Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: G01N 27/26 (2013.01); G01N 27/60 (2013.01); D21H 23/08 (2013.01); G01N 33/343 (2013.01); G01N 33/1893 (2013.01)</p> <p>Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): G01N, D21H</p> <p>Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC; WPI; TXTnn</p> <p>Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 13.05.2014 eingereichten Ansprüchen 1-35 erstellt.</p>		
Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 10154790 A1 (INST POLYMERFORSCHUNG DRESDEN) 28. Mai 2003 (28.05.2003) Absätze [0001], [0009-0011], [0012], [0017] Insbesondere das Schutzbegehrn	1, 3, 4, 6, 12-16, 21-24, 26, 28-30
X	JP H11190711 A (SHIMADZU CORP) 13. Juli 1999 (13.07.1999) Absätze [0001], [0018-0022] Insbesondere Fig. 1	1, 3, 6, 12-16, 18, 21-24, 28-30
X	JP H0450758 A (EBARA INFILCO, EBARA RES CO LTD, NISHIZAWA KAZUO) 19. Februar 1992 (19.02.1992) Zusammenfassung und Fig. 1	12, 18, 20-24, 26, 28-30
Datum der Beendigung der Recherche: 02.03.2015		Seite 1 von 1
Prüfer(in): AKBARZADEH Johanna		
*) Kategorien der angeführten Dokumente:		
<p>X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden.</p> <p>Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.</p>		
<p>A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert.</p> <p>P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.</p> <p>E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).</p> <p>& Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.</p>		

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information zum Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen einer festen Phase und einer flüssigen Phase, wobei das Verfahren aufweist:
 - 5 Aufnehmen der flüssigen Phase in einem Druckbehälter (1);
 - Aufnehmen der festen Phase in einer Messzelle (5), die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem Druckbehälter (1) bringbar angeordnet ist;
 - Anordnen eines Vorratsbehälters (7) stromabwärts von und in
 - 10 Fluidkommunikation mit der Messzelle (5);
 - gekennzeichnet durch:
 - Beaufschlagen des Druckbehälters (1) mit einem Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen Druckänderung derart, dass dadurch flüssige Phase aus dem Druckbehälter (1) durch die Messzelle (5) in den Vorratsbehälter (7)
 - 15 förderbar ist; und
 - Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information an der Messzelle (5) während des Beaufschlagens des Druckbehälters (1) mit dem Druckprofil.
- 20 2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information bei hoher Ionenstärke, insbesondere bei einer Ionenstärke von mindestens 0.001 mol/l, weiter insbesondere bei einer Ionenstärke von mindestens 0.1 mol/l, durchgeführt wird.
- 25 3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information während eines Adsorptionsprozesses oder während eines Desorptionsprozesses durchgeführt wird.
- 30

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information an einer metallischen Materialoberfläche durchgeführt wird.
- 5 5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Ermitteln der für das Zetapotenzial indikativen Information in unmittelbarer Nähe des isoelektrischen Punktes, insbesondere bei höchstens fünf Prozent Abweichung des pH-Werts von dem isoelektrischen Punkt, durchgeführt wird.
- 10 6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Messzelle (5) ein Druckprofil mit einer pulsationsfreien Druckänderung bereitgestellt wird.
- 15 7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die für das Zetapotenzial indikative Information unter Durchführung einer Basislinienkorrektur, insbesondere einer Korrektur einer sich zeitlich ändernden Basislinie, ermittelt wird.
- 20 8. Verfahren gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Basislinienkorrektur unter Berücksichtigung eines Asymmetriepotenzials einer Eingangselektrode (4) an einem Eingang der Messzelle (5) und einer Ausgangselektrode (6) an einem Ausgang der Messzelle (5) erfolgt.
- 25 9. Verfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Basislinienkorrektur unter Berücksichtigung einer zeitlichen Änderung des Asymmetriepotenzials hinsichtlich eines Zusammenhangs zwischen einem Strömungspotenzial oder einem Strömungsstrom einerseits und einem Differenzdruck andererseits erfolgt.

10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein von der festen Phase und der flüssigen Phase unabhängiges, insbesondere auf einem Asymmetriepotenzial einer Eingangselektrode (4) an einem Eingang der Messzelle (5) und einer Ausgangselektrode (6) an einem
- 5 Ausgang der Messzelle (5) beruhendes, Basissignal während des Beaufschlagens des Druckbehälters (1) mit dem Druckprofil ermittelt wird.
11. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass während der Druckänderung alternierend zwischen einem eine
- 10 Fluidverbindung zwischen dem Druckbehälter (1) und der Messzelle (5) zulassenden Betriebsmodus und einem eine Fluidverbindung zwischen dem Druckbehälter (1) und der Messzelle (5) unterbindenden Betriebsmodus gewechselt wird, um in dem die Fluidverbindung unterbindenden Betriebsmodus, insbesondere mehrere Male, ein Basisliniensignal zu erfassen und damit ein in
- 15 dem die Fluidverbindung zulassenden Betriebsmodus erfasstes Messsignal zu korrigieren.
12. Vorrichtung (20) zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial indikativer Information zum Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen einer festen Phase
- 20 und einer flüssigen Phase, wobei die Vorrichtung (20) aufweist:
- einen Druckbehälter (1), in dem die flüssige Phase aufnehmbar ist;
- eine Messzelle (5), die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem Druckbehälter (1) bringbar angeordnet ist und in der die feste Phase aufnehmbar ist;
- 25 einen Vorratsbehälter (7), der stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit der Messzelle (5) angeordnet ist;
- gekennzeichnet durch:
- eine Druckbeaufschlagungseinrichtung (19), die zum Beaufschlagen des Druckbehälters (1) mit einem Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen
- 30 Druckänderung derart eingerichtet ist, dass dadurch flüssige Phase aus dem

Druckbehälter (1) durch die Messzelle (5) in den Vorratsbehälter (7) förderbar ist; und

eine Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen der für das Zetapotenzial

indikativen Information an der Messzelle (5) während des Beaufschlagens des

5 Druckbehälters (1) mit dem Druckprofil.

13. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckbeaufschlagungseinrichtung (19) ausgebildet ist, der Messzelle (5) ein Druckprofil mit einer pulsationsfreien Druckänderung bereitzustellen.

10

14. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckbeaufschlagungseinrichtung (19) eingerichtet ist, einen Gasraum oberhalb der flüssigen Phase in dem Druckbehälter (1) mit einem komprimierten Gaspolster zu beaufschlagen, um dadurch das Druckprofil mit einer 15 kontinuierlichen Abnahme des Drucks zu erzeugen.

15. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckbeaufschlagungseinrichtung (19) eine Druckerzeugungseinheit (2, 14) zum Erzeugen von Druck in dem Druckbehälter 20 (1) und ein Schaltelement (3) aufweist, so dass mittels Schaltens des Schaltelements (3) zum fluidischen Koppeln des Druckbehälters (1) mit der Messzelle (5) die Messzelle (5) mit der flüssigen Phase entsprechend dem Druckprofil beaufschlagbar ist.

25 16. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerzeugungseinheit aus einer Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus einer Pumpe (2), insbesondere einer Membranpumpe, und/oder einer Gasdruckversorgung (14), insbesondere einer Gasflasche.

17. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltelement (3) zwischen dem Druckbehälter (1) und der Messzelle (5) angeordnet ist.
- 5 18. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (20) eine Druckmesseinheit (12) zum Erfassen eines Drucks aufweist, insbesondere stromaufwärts von oder an dem Druckbehälter (1).
- 10 19. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltelement (3) derart schaltbar ist, dass es bei mittels der Druckmesseinheit (12) festgestellter Überschreitung eines vorgebbaren Druckschwellwerts die Fluidverbindung zwischen dem Druckbehälter (1) und der Messzelle (5) aktiviert.
- 15 20. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorratsbehälter (7) überdruckfrei konfiguriert ist, insbesondere dessen Inneres auf Atmosphärendruck befindlich ist.
- 20 21. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information basierend auf einer elektrischen Strommessung und/oder basierend auf einer elektrischen Spannungsmessung an der Messzelle (5) eingerichtet ist.
- 25 22. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (20) eine Eingangselektrode (4) an einem Eingang der Messzelle (5) und eine Ausgangselektrode (6) an einem Ausgang der Messzelle (5) aufweist, wobei die Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information zwischen der Eingangselektrode (4) und der Ausgangselektrode (6) ausgebildet ist.
- 30

23. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingangselektrode (4) zum Wechselwirken zumindest mit der flüssigen Phase an dem Eingang der Messzelle (5) und die Ausgangselektrode (6) zum 5 Wechselwirken zumindest mit der flüssigen Phase an dem Ausgang der Messzelle (5) angeordnet ist.
24. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfasseinrichtung (11) ausgebildet ist, mittels der Eingangselektrode (4) 10 und mittels der Ausgangselektrode (6) eine für einen elektrischen Widerstand der festen Phase und der flüssigen Phase in der Messzelle (5) indikative Information zu erfassen.
25. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die 15 Erfasseinrichtung (11) ausgebildet ist, basierend auf der für den elektrischen Widerstand indikativen Information zumindest eine Information abzuleiten, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus Information hinsichtlich Gasblasen in der Messzelle (5), und einem Beitrag der festen Phase zur elektrischen Gesamtleitfähigkeit.
- 20
26. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (20) einen Flüssigphasenrückfördermechanismus zum Rückfordern von flüssiger Phase von dem Vorratsbehälter (7) in den Druckbehälter (1) aufweist.
- 25
27. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltelement (3) in einem fluidischen Pfad angeordnet ist, in dem mittels des Flüssigphasenrückfördermechanismus flüssige Phase von dem Vorratsbehälter (7) zu dem Druckbehälter (1) rückförderbar ist.
- 30

28. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (20) ferner aufweist:

 einen weiteren Druckbehälter (1b), in dem weitere flüssige Phase aufnehmbar ist;

5 eine weitere Messzelle (5b), die stromabwärts von und in Fluidkommunikation mit dem weiteren Druckbehälter (1b) bringbar angeordnet ist und in der weitere feste Phase aufnehmbar ist;

 wobei die Druckbeschlageinrichtung (19) zum Beaufschlagen des weiteren Druckbehälters (1b) mit einem Druckprofil mit einer zeitlich kontinuierlichen

10 Druckänderung derart eingerichtet ist, dass dadurch weitere flüssige Phase aus dem weiteren Druckbehälter (1b) durch die weitere Messzelle (5b) förderbar ist;

 wobei die Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen von für das Zetapotenzial indikativer Information an der weiteren Messzelle (5b) während des Beaufschlagens des weiteren Druckbehälters (1b) mit dem Druckprofil

15 ausgebildet ist.

29. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfasseinrichtung (11) ausgebildet ist, einen fluidischen Pfad aus dem weiterem Druckbehälter (1b) und der weiteren Messzelle (5b) als Referenzmesspfad für einen Messpfad aus dem Druckbehälter (1a) und der Messzelle (5a) einzusetzen.

30. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass ein fluidischer Pfad aus dem weiteren Druckbehälter (1b) und der weiteren Messzelle (5b) als zusätzlicher Messpfad zum Ermitteln von für ein Zetapotenzial

25 indikativer Information zum Charakterisieren einer Grenzfläche zwischen der weiteren festen Phase und der weiteren flüssigen Phase ausgebildet ist.

31. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen der für das Zetapotenzial indikativen Information unter Durchführung einer

Basislinienkorrektur, insbesondere einer Korrektur einer sich zeitlich ändernden Basislinie, eingerichtet ist.

32. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Basislinienkorrektur unter Berücksichtigung eines Asymmetriepotenzials einer Eingangselektrode (4) an einem Eingang der Messzelle (5) und einer Ausgangselektrode (6) an einem Ausgang der Messzelle (5) erfolgt.
33. Vorrichtung (20) gemäß Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Basislinienkorrektur unter Berücksichtigung einer zeitlichen Änderung des Asymmetriepotenzials hinsichtlich eines Zusammenhangs zwischen einem Strömungspotenzial oder einem Strömungsstrom einerseits und einem Differenzdruck andererseits erfolgt.
34. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfasseinrichtung (11) zum Erfassen eines von der festen Phase und der flüssigen Phase unabhängigen, insbesondere auf einem Asymmetriepotenzial einer Eingangselektrode (4) an einem Eingang der Messzelle (5) und einer Ausgangselektrode (6) an einem Ausgang der Messzelle (5) beruhenden, Basissignals während des Beaufschlagens des Druckbehälters (1) mit dem Druckprofil eingerichtet ist.
35. Vorrichtung (20) gemäß einem der Ansprüche 12 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckbeaufschlagungseinrichtung (19) zum Beaufschlagen des Druckbehälters (1) mit einem Druckprofil derart eingerichtet ist, dass eine Druckdifferenz zwischen einem Anfangsdruckwert an dem Druckbehälter (1) und einem Anfangsdruckwert an dem Vorratsbehälter (7) größer als eine Atmosphäre ist, insbesondere größer als 2 bar ist, weiter insbesondere zwischen 5 bar und 10 bar ist.