

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



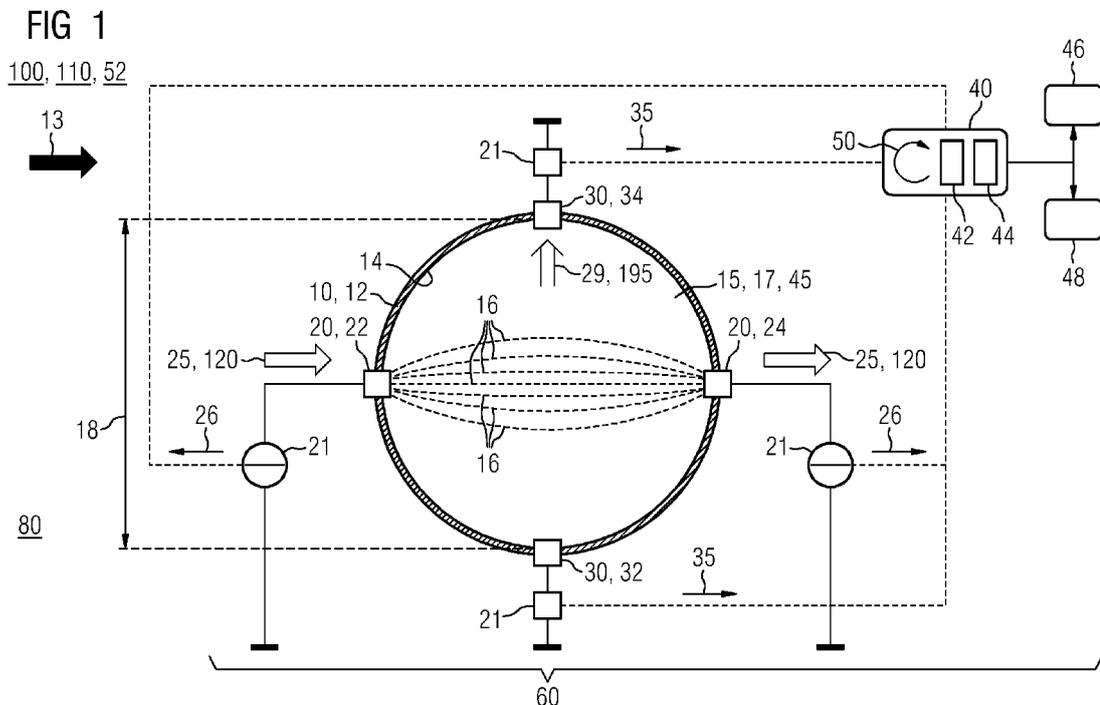
(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
05. Oktober 2023 (05.10.2023)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/186561 A1

- | | |
|---|--|
| <p>(51) Internationale Patentklassifikation:
G01F 1/58 (2006.01) G01F 23/24 (2006.01)
G01F 1/64 (2006.01) G01F 23/26 (2022.01)</p> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/056745</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum:
16. März 2023 (16.03.2023)</p> <p>(25) Einreichungssprache: Deutsch</p> <p>(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch</p> <p>(30) Angaben zur Priorität:
10 2022 203 021.4
28. März 2022 (28.03.2022) DE</p> | <p>(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder: WILKENING, Wilko; Sophienstraße 88, 91052 Erlangen (DE). NAIT MEZIANE, Mohamed; 1 Rue de Lampertheim, 67800 Bischheim (FR). RECKWERTH, Timo; Franz-Marc-Ring 30, 76744 Wörth am Rhein (DE).</p> <p>(74) Anwalt: SIEMENS PATENT ATTORNEYS; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,</p> |
|---|--|

(54) Title: METHOD FOR ASCERTAINING THE FILL LEVEL OF A PIPE, ANALYSIS UNIT, FLOW MEASURING SYSTEM, AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR FÜLLSTANDSERMITTLUNG EINES ROHRS, AUSWERTUNGSEINHEIT, DURCHFLUSSMESSSYSTEM UND COMPUTERPROGRAMMPRODUKT



(57) Abstract: The invention relates to a method (100) for ascertaining the fill level (18) of a pipe (10) on which an actuatable first and second measuring electrode (22, 24) are arranged and which is provided with at least one grounding electrode (30, 32, 34). In a first step (110) of the method (100), the pipe (10) is provided in a state in which the pipe is at least partly filled with a fluid (15), and in a second step (120), the first and second measuring electrode (22, 24) are excited using opposite measuring currents (25). At least one respective first measurement value (26) is detected on the first and/or second measuring electrode (22, 24). In a third step (130) of



WO 2023/186561 A1

LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

the method (100), the first and second measuring electrode (22, 24) are excited using measuring currents (25) in the same direction and a respective second measurement value (28) is detected on the first and/or second measuring electrode (22, 24), and in a fourth step (140), the fill level (18) of the pipe (10) is ascertained using at least the first and second measurement value (26, 28) according to the second and third step (120, 130). The invention likewise relates to an analysis unit (40) which is designed to carry out such a method (100) and to a flow measuring system (60) which has such an analysis unit (40).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren (100) zum Ermitteln eines Füllstands (18) eines Rohrs (10), an dem eine ansteuerbare erste und eine zweite Messelektrode (22, 24) angeordnet sind und das mit zumindest einer Erdungselektrode (30, 32, 34) versehen ist. Das Verfahren (100) umfasst einen ersten Schritt (110), in dem ein Bereitstellen des Rohrs (10) in einem zumindest teilweise mit einem Fluid (15) befüllten Zustand erfolgt. Weiter umfasst das Verfahren (100) einen zweiten Schritt (120), in dem die erste und zweite Messelektrode (22, 24) mit gegensinnigen Messströmen (25) angeregt werden. Es erfolgt jeweils ein Erfassen zumindest eines ersten Messwerts (26) an der ersten und/oder zweiten Messelektrode (22, 24). Zum Verfahren (100) gehöre auch ein dritter Schritt (130), in dem ein Anregen der ersten und zweiten Messelektrode (22, 24) mit gleichsinnigen Messströmen (25) und jeweils Erfassen eines zweiten Messwerts (28) an der ersten und/oder zweiten Messelektrode (22, 24) durchgeführt wird. Ebenso umfasst das Verfahren (100) einen vierten Schritt (140), in dem ein Ermitteln des Füllstands (18) des Rohrs (10) anhand zumindest des ersten und zweiten Messwerts (26, 28) gemäß dem zweiten und dritten Schritt (120, 130) erfolgt wird. Die Erfindung betrifft ebenso eine Auswertungseinheit (40), die zu einem Durchführen eines solchen Verfahrens (100) ausgebildet ist und ein Durchflussmesssystem (60), das über eine solche Auswertungseinheit (40) verfügt.

Beschreibung

Verfahren zur Füllstandsermittlung eines Rohrs, Auswertungseinheit, Durchflusssystem und Computerprogrammprodukt
5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Füllstands in einem Rohr und eine Auswertungseinheit, mit dem das Verfahren durchführbar ist. Weiter betrifft die Erfindung ein Durchflusssystem, das über eine solche Auswertungseinheit verfügt. Ebenso betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt, mit dem ein Betriebsverhalten eines solchen Durchflusssystem simulierbar ist.
10

Aus der Druckschrift US 2017/131131 A1 ist ein elektromagnetischer Durchflussmesser bekannt, der dazu geeignet ist, eine Impedanz in einem Rohr zu messen. Zum Messen eines Füllgrades des Rohrs ist an dessen Umfang eine Mehrzahl an Elektroden angeordnet. Durch paarweises Messen von Impedanzen an den Elektroden ist feststellbar, welche der Elektroden mit dem Fluid benetzt ist.
15
20

Die Internationale Patentanmeldung WO 2008/113774 A2 offenbart ein Verfahren zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit eines Mediums mittels eines magnetisch-induktiven Durchflusssystemgeräts. Das Durchflusssystemgerät weist zwei gegenüberliegende Messelektroden, eine Erdungselektrode und zwei gegenüberliegende Spulenordnungen auf. Zum Erfassen der elektrischen Leitfähigkeit werden Erregungssignale unterschiedlicher Frequenz erzeugt und eine zwischen jeweils der Messelektrode und der Erdungselektrode vorliegende Impedanz gemessen.
25
30

Durchflusssysteme werden in einer Vielzahl an Anwendungen in der Automatisierungstechnik eingesetzt. Neben der Durchflusssystemmessung selbst werden zusätzliche Funktionen wie eine Füllstandsmessung angestrebt. Gleichzeitig bestehen steigende Anforderungen an die Kompaktheit, Zuverlässigkeit und Kosten-
35

effizienz solcher Durchflussmesssysteme. Der Erfindung liegt die Aufgabenstellung zugrunde, eine Möglichkeit zur Bestimmung eines Füllstands in einem Rohr bereitzustellen, die eine hohe Messgenauigkeit bietet, platzsparend, robust und kosteneffizient ist und in das Funktionsspektrum bestehender Durchflussmesssysteme integrierbar ist.

Die Aufgabenstellung wird durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Ermitteln eines Füllstands eines Rohrs gelöst. Im Rohr ist ein Fluid aufgenommen, das das Rohr im bestimmungsgemäßen Betrieb durchströmt und das bei einer teilweisen Befüllung des Rohrs, also einem Füllstand unterhalb von 100 Prozent, einen Pegel bildet. Am Rohr sind eine erste und zweite ansteuerbare Messelektrode angeordnet. Die Messelektroden sind insoweit ansteuerbar, dass dort zumindest eine elektrische Größe wie Spannung oder Stromstärke vorgebar ist. Die Messelektroden erstrecken sich in das Lumen des Rohrs und sind durch das Fluid benetzbar. Weiter ist das Rohr mit mindestens einer Erdungselektrode versehen. Das Verfahren umfasst einen ersten Schritt, in dem das Rohr in einem zumindest teilweise mit dem Fluid befüllten Zustand bereitgestellt wird. Der Füllstand beträgt im ersten Schritt folglich über 0 Prozent und die erste und zweite Messelektrode sind durch das Fluid benetzt.

Weiter umfasst das Verfahren einen zweiten Schritt, in dem die erste und zweite Messelektrode durch Anlegen von gegensinnigen Messströmen angeregt werden. Die gegensinnigen Messströme weisen Stromstärken unterschiedlicher Vorzeichen auf, so dass die Messströme einen Stromfluss von der ersten zur zweiten Messelektrode hervorrufen. Dadurch wird das Prinzip einer sogenannten Gegentaktanregung verwirklicht. Darüber hinaus erfolgt im zweiten Schritt jeweils ein Erfassen zumindest eines ersten Messwerts an der ersten und/oder zweiten Messelektrode. Der erste Messwert kann beispielsweise eine an der ersten bzw. zweiten Messelektrode anliegende Spannung sein. Die erste bzw. zweite Messelektrode kann hierzu mit geeigneten Messmitteln versehen sein.

Zum Verfahren gehört ebenso ein dritter Schritt, in dem die erste und zweite Messelektrode durch Anlegen von gleichsinnigen Messströmen angeregt werden. Komplementär zum zweiten
5 Schritt weisen die Messströme im dritten Schritt Stromstärken mit gleichem Vorzeichen auf. Die Messströme im dritten Schritt rufen dadurch einen Stromfluss von der ersten und zweiten Messelektrode zur ersten Erdungselektrode hervor oder umgekehrt. Dadurch wird das Prinzip einer sogenannten Gleich-
10 taktanregung verwirklicht. Im dritten Schritt wird weiter jeweils zumindest ein zweiter Messwert an der ersten und/oder zweiten Messelektrode erfasst. Der zweite Messwert kann, korrespondierend zum ersten Messwert, beispielsweise eine an der ersten bzw. zweiten Messelektrode anliegende Spannung sein.
15 Auch hierzu können die erste bzw. zweite Messelektrode mit geeigneten Messmitteln versehen sein. Das Anregen der ersten und zweiten Messelektrode kann mit Gleichstrom oder mit Wechselstrom erfolgen. Anregungen mit Wechselstrom umfasst auch Messströme mit einer Signalkodierung, beispielsweise Schwin-
20 gungspakete, sogenannte Bursts, frequenzmodulierte Signale und/oder sogenannte Barker-Codes.

Des Weiteren weist das Verfahren einen vierten Schritt auf, in dem der Füllstand des Rohrs zumindest anhand zumindest des
25 ersten und zweiten Messwerts ermittelt wird, die im zweiten bzw. dritten Schritt erfasst werden. Ferner kann im vierten Schritt der ermittelte Füllstand an einen Benutzer, beispielsweise über eine Anzeigeeinheit, oder über eine Datenschnittstelle, beispielsweise an eine übergeordnete Steuer-
30 einheit, ausgegeben werden. Die Erfindung basiert unter anderem auf der überraschenden Erkenntnis, dass gleichsinnige und gegensinnige Messströme zu unterschiedlichen Charakteristika führen, die wiederum vom Füllstand des Rohrs beeinflusst sind. Diese Charakteristika sind unabhängig von einer Leitfä-
35 higkeit des Mediums. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dazu geeignet, ohne Kenntnis der elektrischen Leitfähigkeit des Fluids den Füllstand im Rohr zu ermitteln und kann als leitfähigkeitsagnostisch eingestuft werden. Das erfindungsgemäße

Verfahren ist damit unempfindlich gegen Änderungen in der Zusammensetzung des Fluids. Folglich dient das Verfahren zu einem leitfähigkeitsunabhängigen bzw. fluidunabhängigen Bestimmen des Füllstands im Rohr. Des Weiteren erfordert das erfindungsgemäße Verfahren ein Minimum an Messelektroden bzw. Erdungselektroden und ist auch an bestehenden Durchflusssystem implementierbar. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt, insbesondere durch Nutzung der genannten Charakteristika, eine im Wesentlichen kontinuierliches Ermitteln des Füllstands. Gegenüber aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen wird so deren Einschränkung überwunden, dass diese lediglich eine Füllstandsermittlung in diskreten Schritten ermöglichen, deren Feinschrittigkeit durch die Anzahl an Messelektroden bestimmt ist. Das erfindungsgemäße Verfahren bietet daher eine gesteigerte Messgenauigkeit mit einer reduzierten Anzahl an Komponenten, insbesondere Messelektroden.

In einer Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens wird im vierten Schritt anhand des ersten Messwerts eine erste Impedanz ermittelt, die im Fluid vorliegt. Alternativ oder ergänzend wird im vierten Schritt anhand des zweiten Messwerts eine zweite Impedanz ermittelt, die im Fluid vorliegt. Die erste bzw. zweite Impedanz kann anhand der jeweils an der entsprechenden Messelektrode vorliegenden Spannung und der Stromstärke des jeweiligen Messtroms ermittelt werden. Dazu geeignete Messmittel bieten eine erhöhte Messgenauigkeit. Ferner sind Durchflusssysteme, an denen das beanspruchte Verfahren durchführbar ist, ohnehin mit geeigneten Messmitteln an ihren Messelektroden versehen. Das beanspruchte Verfahren nutzt somit bereits vorhandene Komponenten des Durchflusssystem und ist dadurch kosteneffizient. In Abhängigkeit vom Füllstand des Rohrs zeigen die erste und zweite Impedanz unterscheidbare Charakteristiken, deren Kennlinien mit der im Fluid vorliegenden Leitfähigkeit skalieren. Die erste und zweite Impedanz stellen gegenseitig einen Referenzwert dar. Unabhängig von der Leitfähigkeit des Fluids weisen Kennlinien der zugehörigen Charakteristika zueinander eine qualitativ gleiche Relativlage in einem entsprechenden Dia-

gramm auf. Das beanspruchte Verfahren nutzt infolgedessen eine einfach erfassbare elektrische Eigenschaft des Fluids zur Bestimmung des Füllgrads. Weiter sind entsprechende Charakteristika interpolierbar, so dass jeglicher Wert für die erste
5 bzw. zweite Impedanz exakt auswertbar ist. Hierdurch wird eine gesteigerte Messgenauigkeit erhöht.

Darüber hinaus kann das beanspruchte Verfahren einen fünften Schritt aufweisen, in dem ein Messwert an der ersten Erdungselektrode und/oder einer zweiten Erdungselektrode zu einem
10 Erkennen eines Absinkens des Füllstands erfasst wird. Durch das Absinken des Füllstands wird eine der Erdungselektroden freigelegt, so dass diese nicht mehr mit Fluid benetzt ist. Der erfasste Messwert betrifft eine elektrische Größe, beispielsweise eine Erdungsstromstärke, die durch das Absinken
15 im Wesentlichen zu Null wird. Die entsprechende Erdungselektrode kann dazu im Bereich eines Scheitelpunkts des Rohrs, also des Rohrquerschnitts, positioniert sein. Korrespondierend kann an der anderen Erdungselektrode gleichzeitig eine Änderung eines daran erfassten Messwerts erfasst werden. Die entsprechende Erdungselektrode kann beispielsweise im Bereich
20 eines Tiefpunkts des Rohrs, also des Rohrquerschnitts, positioniert sein. Insbesondere kann die erste Erdungselektrode im Bereich des Tiefpunkts des Rohrs und die zweite Erdungselektrode im Bereich des Scheitelpunkts des Rohrs angebracht
25 sein. Insbesondere kann durch ein Positionieren einer Messelektrode im Scheitelpunkt ein Absinken des Füllstands unter 100 Prozent zuverlässig erfasst werden. Solange der Füllstand im Wesentlichen 100 Prozent beträgt, ist eine Auswertung von weiteren Charakteristika entbehrlich, wodurch Rechenaufwand einsparbar ist. Dies wiederum erlaubt die Einsparung elektrischer Energie, insbesondere wenn das Durchflusssystem eine batteriebetriebene Auswertungseinheit aufweist. Ferner können die Messelektroden und die zumindest eine
30 Erdungselektrode entlang des Rohrs in einer Ebene liegend oder hintereinander liegend angeordnet sein.

Darüber hinaus können die im zweiten und/oder dritten Schritt angeregten Mesströme betragsmäßig im Wesentlichen gleich hoch sein. Dadurch wird das Prinzip einer symmetrischen Anregung verwirklicht. Ebenso können die erste und zweite Messelektrode gegenüberliegend am Rohr angeordnet sein, also maximal be-
5 abstandet. Bei betragsmäßig gleichen Mesströmen wird im Fluid eine symmetrische Verteilung an elektrischen Stromdichten erreicht, die in einfacher Weise über den ersten und/oder zweiten Messwert ermittelbar sind. Insbesondere kann die erste
10 Erdungselektrode, bezogen auf den Pegel des Fluids, im Bereich eines Tiefpunkts am Rohr angebracht sein. An der ersten Erdungselektrode liegt bei betragsmäßig gleichen Mesströmen im zweiten Schritt als Messwert eine Erdungsstromstärke von im Wesentlichen Null vor. Weiter kann eine zweite Erdungs-
15 elektrode der ersten Erdungselektrode gegenüberliegend an einem Scheitelpunkt am Rohr angebracht sein. Auch an der zweiten Erdungselektrode am Scheitelpunkt des Rohrs liegt im zweiten Schritt bei betragsmäßig im Wesentlichen gleichen Mesströmen eine Erdungsstromstärke von im Wesentlichen Null
20 vor. Im dritten Schritt liegt bei betragsmäßig im Wesentlichen gleichen Mesströmen an der ersten und zweiten Messelektrode an der ersten und zweiten Erdungselektrode eine im Wesentlichen gleiche Erdungsstromstärke vor, wenn die erste und zweite Erdungselektrode vom Fluid benetzt sind. Für einen
25 entsprechenden Füllstand, insbesondere 100 Prozent Füllstand, ergibt sich ein definierter Zustand, der sich in den ersten und zweiten Messwerten ausdrückt, die im zweiten und dritten Schritt erfasst werden. Bei Füllständen, bei denen eine der Erdungselektroden freigelegt ist, stellen sich an der ersten
30 und zweiten Messelektrode im zweiten und dritten Schritt gleiche elektrische Größen ein. Insbesondere hängen die ersten Messwerte an der ersten und zweiten Messelektrode lediglich von der Leitfähigkeit des Fluids, also der im Fluid vorliegenden Impedanz, ab. Zusätzlich liegen bei symmetrischer
35 Anregung in der ersten und gegebenenfalls zweiten Messelektrode im dritten Schritt gleiche zweite Messwerte vor. Das beanspruchte Verfahren ist somit in der Lage, selbsttätig einen Eigenzustand zu erkennen, in dem ein Messbetrieb mit er-

höherer Genauigkeit durchführbar ist. Folglich ist das beanspruchte Verfahren robust gegen Störeinflüsse. Korrespondierend kann bei Abweichungen der ersten Messwerte an den Messelektroden untereinander und/oder der zweiten Messwerte an den Messelektroden untereinander eine Verunreinigung einer der Messelektroden oder eine Schiefstellung des Durchflussmesssystems erkannt werden. Dazu kann eine entsprechende Warnung ausgegeben werden.

Des Weiteren kann im zweiten Schritt anhand von ersten Messwerten an der ersten und zweiten Messelektrode zwischen diesen eine Asymmetrie erfasst werden. Eine Asymmetrie in den ersten Messwerten drückt eine, bezogen auf eine Symmetrieachse zwischen der ersten und zweiten Messelektrode, Asymmetrie in der vorliegenden Verteilung der Stromdichte aus, die somit über die ersten Messwerte an der ersten und zweiten Messelektrode erfassbar ist. Eine derartige Asymmetrie kann beispielsweise durch Verschmutzungen an der ersten und/oder zweiten Messelektrode hervorgerufen sein. Alternativ kann eine derartige Asymmetrie durch eine Schiefstellung des Rohrs hervorgerufen werden, also einen Winkelversatz um eine Rohrachse, entlang der sich das Rohr erstreckt.

Während des dritten Schritts kann zwischen den zweiten Messwerten an der ersten und zweiten Messelektrode eine Asymmetrie erfasst werden, die durch eine Asymmetrie der im Rohrquerschnitt vorliegenden Stromdichte hervorgerufen ist. Auch dadurch können Verschmutzungen der ersten und/oder zweiten Messelektrode erkannt werden, oder eine Schiefstellung des Rohrs. Ebenso kann eine Asymmetrie zwischen den Messwerten erfasst werden, die an der ersten und zweiten Erdungselektrode erfasst werden. Beispielsweise kann eine Erdungselektrode, die im Bereich eines Tiefpunkts des Rohrs angeordnet ist, mit abgesunkenen Verschmutzungen besetzt sein. In einem bestimmungsgemäßen Betriebszustand hingegen spiegeln die ersten und zweiten Messwerte aus dem zweiten bzw. dritten Schritt die elektrische Leitfähigkeit des Fluids im Rohr wider. Bei einer Verschmutzung hingegen ergeben sich gegenüber dem bestimm-

mungsgemäßen Zustand veränderte Kennlinien der Charakteristiken der elektrischen Leitfähigkeit bei Gleichaktanregung und Gegentaktanregung. Durch Abgleich der im zweiten und dritten Schritt ermittelten Asymmetrien sind somit unterschiedliche
5 Arten von Verschmutzung an der Wandung des Rohrs bzw. Schiefstellungen des Rohrs selbsttätig unterscheidbar. Ferner können reduziert ausgeprägte Asymmetrien der Messwerte an einem Erdungselektrode im Bereich des Tiefpunkts des Rohrs und einer Erdungselektrode im Bereich eines Scheitelpunkts des
10 Rohrquerschnitts, bereichsweise unterschiedliche elektrische Leitfähigkeiten des Fluids anzeigen. Dadurch ist beispielsweise eine Entmischung des Fluids in unterschiedlich leitfähige Komponenten erkennbar, die bei Entmischung im Rohrquerschnitt zumindest teilweise geschichtet vorliegen. Auch dadurch wird durch das beanspruchte Verfahren eine zusätzliche
15 Diagnosemöglichkeit bereitgestellt.

Ferner können in einem weiteren sechsten Schritt des Verfahrens Messströme angeregt werden, die betragsmäßig ungleich
20 sind. Hierdurch wird das Prinzip einer asymmetrischen Anregung verwirklicht. Korrespondierend zum zweiten oder dritten Schritt wird im sechsten Schritt an der ersten und/oder zweiten Messelektrode zumindest ein Vergleichsmesswert erfasst. Insbesondere kann zumindest einer der Messströme im sechsten
25 Schritt im Wesentlichen gleich Null sein. Bei einem Sinken des Füllstands, bei dem die zweite Erdungselektrode freigelegt wird, ist ein Absinken eines Messwerts, insbesondere der Erdungsstromstärke, an der zweiten Erdungselektrode erfassbar und gleichzeitig ein Ansteigen eines Messwerts, insbesondere
30 der Erdungsstromstärke, an der ersten Erdungselektrode. Ebenso ist gleichzeitig eine Änderung des zumindest einen Vergleichsmesswerts an der ersten und/oder zweiten Messelektrode erfassbar. Insbesondere kann im sechsten Schritt abwechselnd an der ersten und zweiten Messelektrode ein Messstrom von im
35 Wesentlichen Null angelegt werden. Korrespondierend wird an der jeweils anderen Messelektrode ein Messstrom ungleich Null angelegt. Dadurch ist eine weitergehende Plausibilisierung des im vierten Schritt ermittelten Füllstands möglich.

Weiter ist die asymmetrische Anregung im zweiten Durchgang des Verfahrens mit der symmetrischen Anregung im ersten Durchgang kombinierbar. Im beanspruchten Verfahren kann ferner zwischen den im vierten und sechsten Schritt ermittelten Füllständen eine Abweichung festgestellt werden. Diese Abweichung kann durch eine Verunreinigung einer der Messelektroden oder eine Schiefstellung der Messelektroden und/oder zumindest einer Erdungselektrode hervorgerufen werden. Ebenso kann eine entsprechende Warnung ausgegeben werden. Durch die so verwirklichte Warnfunktion wird die Vielseitigkeit eines Durchflussmesssystems, auf dem das Verfahren durchgeführt wird, weiter gesteigert. Alternativ oder ergänzend kann bei einer asymmetrischen Anregung auch eine asymmetrische Anordnung der ersten und zweiten Messelektrode erkannt und/oder kompensiert werden. Das beanspruchte Verfahren ist dadurch auch bei Messelektroden in beliebiger, also auch asymmetrischer Anordnung, am Rohr, durchgeführt werden. Folglich ist das beanspruchte Verfahren bei einer Vielzahl an Durchflussmesssystemen nachrüstbar.

In einer weiteren Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens kann in einem siebten Schritt ein Erwartungswert für den im sechsten Schritt erfassten Vergleichsmesswert ermittelt werden. Insbesondere können die Mesströme, die im sechsten Schritt derart ausgebildet sein, dass diese jeweils einer Superposition der Mesströme aus dem zweiten und dritten Schritt entsprechen. Dementsprechend werden im siebten Schritt Superpositionen der ersten und zweiten Messwerte ermittelt, die mit den jeweiligen Mesströmen korrespondieren. Eine Superposition eines ersten und eines zweiten Messwerts aus einem entsprechenden zweiten und dritten Schritt bildet den Erwartungswert für den im sechsten Schritt erfassten Vergleichsmesswert. Im siebten Schritt wird der Vergleichsmesswert mit dem Erwartungswert verglichen. Wenn eine Abweichung zwischen dem Vergleichsmesswert und der Erwartungswert einen einstellbaren Toleranzwert übersteigt, wird ein bestimmungswidriger Betriebszustand des Durchflussmesssystems erkannt. Dement-

sprechend kann eine Warnung ausgegeben werden. Die Erfindung basiert unter anderem auf der überraschenden Erkenntnis, dass die symmetrische Anregung und die asymmetrische Anregung über das Superpositionsprinzip miteinander verknüpft sind. Das beanspruchte Verfahren ist dadurch zuverlässig selbsttätig auf seine Funktionstüchtigkeit überprüfbar.

Das Verfahren kann weiter einen achten Schritt aufweisen, in dem ein zeitlicher Gradient eines Absinkens und/oder Ansteigens des Füllstands erfasst wird. Alternativ oder ergänzend kann im achten Schritt auch eine Dauer zwischen dem Absinken und Ansteigen des Füllstands erfasst werden. Das Absinken bzw. Ansteigen des Füllstands ist mittels eines der oben skizzierten Verfahren durchführbar. Weiter wird im achten Schritt anhand des erfassten zeitlichen Gradienten und/oder der erfassten Dauer das Vorliegen einer Mehrphasenströmung erkannt. Bei einer Mehrphasenströmung umfasst das Fluid eine erste Komponente und eine zweite Komponente, die eine geringere elektrische Leitfähigkeit aufweist als die erste Komponente. Die erste Komponente kann beispielsweise Wasser sein und die zweite Komponente Luft oder Öl und somit zur ersten Komponente eine Fremdphase darstellen. Wenn eine Fremdphase, beispielsweise eine Blase oder ein Tropfen, an einer Rohrwandung an der ersten oder zweiten Erdungselektrode entlangfließt, wird dies, wie beispielsweise im zweiten, dritten oder fünften Schritt skizziert, als Absinken des Füllstands erkannt. Wenn die Fremdphase die erste oder zweite Erdungselektrode passiert, wird die analog als Ansteigen des Füllstands erkannt. Zum Absinken und/oder zum Ansteigen des Füllstands wird im achten Schritt ein zeitlicher Gradient ermittelt. Der zeitliche Gradient kann mit einem einstellbaren Mehrphasen-Toleranzwert verglichen werden. Wenn der zeitliche Gradient den Mehrphasen-Toleranzwert betragsmäßig übersteigt, wird ein Passieren einer Fremdphase im Rohr, und damit das Vorliegen einer Mehrphasenströmung erkannt. Die Fremdphase kann als Gasphase ausgebildet sein oder als Tropfen, beispielsweise als Öltropfen. Alternativ oder ergänzend kann die Dauer, für die der Füllstand zwischenzeitlich verringert ist,

im achten Schritt ermittelt werden und mit einem einstellbaren Mehrphasen-Grenzwert verglichen werden. Wenn die ermittelte Dauer den Mehrphasen-Grenzwert unterschreitet, ist das Passieren einer Fremdphase im Fluid, und damit das Vorliegen einer Mehrphasenströmung erkannt. Des Weiteren kann im achten Schritt ermittelt werden, ob abgesunkene Füllstand wieder auf das vorherige Niveau zurückkehrt. Dadurch ist das Erkennen einer Mehrphasenströmung im Rohr verifizierbar. Im achten Schritt sind beispielsweise eine Pfropfenströmung oder eine Schwallströmung erkennbar. Weiter wird im achten Schritt eine Warnung an einen Benutzer oder eine Datenschnittstelle ausgegeben. Das beanspruchte Verfahren ist somit dazu geeignet, die Erkennung einer Mehrphasenströmung während eines Messbetriebs eines Durchflussmesssystems durchzuführen und ist dadurch funktionell vielseitig.

Des Weiteren kann das Verfahren einen neunten Schritt umfassen, in dem eine Differenz zwischen Messwerten der ersten und zweiten Erdungselektrode erfasst werden. Es kann sich hierbei insbesondere Messwerte von im Wesentlichen synchron ausgegebenen Mesströmen handeln. Wenn eine Blase bzw. ein Tropfen der zweiten Komponente im Bereich der Messelektroden exzentrisch im Rohr vorbeifließt, stellt die Fremdphase eine Verengung eines elektrisch leitenden Bereichs im Fluid dar. Insbesondere während des dritten Schritts wird ein Stromfluss des Messstroms zur ersten oder zweiten Erdungselektrode gehemmt. Folglich ist zwischen Messwerten, die an der ersten und zweiten Erdungselektrode erfasst werden, im neunten Schritt eine Differenz erfassbar. Wenn die erfasste Differenz einen Mehrphasen-Schwellenwert betragsmäßig übersteigt, wird das Vorliegen einer Mehrphasenströmung im Rohr im neunten Schritt erkannt. Bei Vorliegen einer Mehrphasenströmung wird im neunten Schritt eine Warnung an einen Benutzer oder an eine Datenschnittstelle ausgegeben. Insbesondere ist so eine sogenannte Blasenströmung erkennbar. Die funktionelle Vielseitigkeit des beanspruchten Verfahrens wird so weiter gesteigert.

Alternativ oder ergänzend kann im neunten Schritt die Lage der Fremdphase erfasst werden. Dazu können die im dritten Schritt, also einer Gleichtaktanregung, erfassten zweiten Messwerte zusammen mit mindestens einem Messwert an der ersten und/oder zweiten Erdungselektrode ausgewertet werden. Die erste und/oder zweite Erdungselektrode werden dazu im neunten Schritt nicht-erdend geschaltet und sind dazu mit geeigneten Schaltmitteln versehen, die durch die Auswertungseinheit betätigbar sind. Insbesondere ist erfassbar, an welcher der Messelektroden und zumindest einer Erdungselektrode die stärkste Änderung des korrespondierenden Messwerts eintritt, durch die ein Rückgang der elektrischen Leitfähigkeit im Bereich der entsprechenden Messelektrode bzw. Erdungselektrode angezeigt wird. Insbesondere kann an der entsprechenden Messelektrode bzw. Erdungselektrode eine vorliegende elektrische Spannung erfasst werden. Als Lage der Fremdphase wird ein Sektor im Rohrquerschnitt erkannt, der am nächsten zur entsprechenden Messelektrode bzw. Erdungselektrode liegt. Im neunten Schritt kann somit die Lage der Fremdphase anhand von zweiten Messwerten und zumindest einem Messwert der ersten und/oder zweiten Erdungselektrode erkannt, die

Weiter alternativ oder ergänzend können im neunten Schritt auch die ersten Messwerte an den Messelektroden ausgewertet werden, die bei einer Gegentaktanregung, wie beispielsweise im zweiten Schritt, hervorgerufen werden. Diese werden zusammen mit zumindest einem Messwert an der ersten und/oder zweiten Erdungselektrode ausgewertet. Die erste und/oder zweite Erdungselektrode werden dazu im neunten Schritt nicht-erdend geschaltet und sind dazu mit geeigneten Schaltmitteln versehen, die durch die Auswertungseinheit betätigbar sind. Dadurch ist eine Lage der Fremdphase entlang einer Verbindungslinie zwischen der ersten und zweiten Messelektrode erkennbar. Anhand der ersten Messwerte an der ersten und zweiten Messelektrode ist erkennbar, ob sich eine Fremdphase im Bereich der Verbindungslinie befindet. Bei Vorliegen einer Fremdphase im Bereich der Verbindungslinie steigt beispielsweise eine an der ersten und zweiten Messelektrode erfasste

Spannung an. Ferner ist in Abhängigkeit vom Vorzeichen des
zumindest einen Messwerts an der ersten und/oder zweiten Er-
dungselektrode erkennbar, ob sich die Fremdphase näher an der
ersten Messelektrode, der zweiten Messelektrode oder in einem
5 Mittelbereich der Verbindungslinie befindet. Dementsprechend
kann im neunten Schritt die Lage der Fremdphase durch Auswer-
ten der ersten Messwerte und des Vorzeichens des zumindest
einen Messwerts an der ersten und/oder zweiten Erdungselekt-
rode die Lage der Fremdphase ermittelt werden. Die erkannte
10 Lage der Fremdphase kann an einen Benutzer und/oder eine Da-
tenschnittstelle ausgegeben werden.

Die Auswertungen von ersten Messwerten und zweiten Messwerten
aus dem zweiten bzw. dritten Schritt in Verbindung mit Mess-
15 werten von nicht-erdend geschalteten Erdungselektroden können
ferner zur gegenseitigen Plausibilisierung von erfassten
Fremdphasen, und damit von vorliegenden Mehrphasenströmungen,
miteinander verglichen werden. Dadurch ist insgesamt eine zu-
verlässige Erkennung von Mehrphasenströmungen, insbesondere
20 von Schwallströmungen und Pfropfenströmungen möglich.

Ferner ist bei einem im Wesentlichen horizontal ausgerichte-
ten Rohr durch die Erkennung der Lage der Fremdphase ermit-
telbar, aus welchem Stoff die Fremdphase besteht. Beispiels-
25 weise ist bei einem Fluid, das als erste Komponente eine
Flüssigkeit aufweist, eine überwiegend in einem Bereich des
Scheitelpunkts des Rohrquerschnitts vorliegende Fremdphase
typischerweise ein Gas oder eine Flüssigkeit mit einer gerin-
geren Dichte als die erste Komponente. Flüssigkeiten oder
30 Feststoffe, also Partikel, mit einer höheren Dichte als die
erste Komponente des Fluids fließen hingegen typischerweise
im Bereich eines Tiefpunkts des Rohrquerschnitts entlang. In-
folgedessen erlaubt das beanspruchte Verfahren es, selbsttä-
tig eine nähere Charakterisierung der Mehrphasenströmung
35 durchzuführen. Im neunten Schritt ist somit an einen Benutzer
und/oder eine Datenschnittstelle eine Angabe über die
Fremdphase der Mehrphasenströmung ausgebar.

In einer weiteren Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens wird für die ersten und/oder zweiten Messwerte ein Signalrauschen erfasst. Anhand des Signalrauschens ist im Wesentlichen kontinuierlich der Füllstand im Rohr ermittelbar.

5 Die Erfindung basiert unter anderem auf der überraschenden Erkenntnis, dass zwischen dem Füllstand im Rohr und dem Signalrauschen ein auswertbarer Zusammenhang besteht. Dazu können im beanspruchten Verfahren Kennlinien verwendet werden, die beispielsweise durch Kalibrierläufe des Durchflusssysteme ermittelt sind. Der Füllstand kann somit ergänzend

10 durch Auswertung des Signalrauschens ermittelt werden. Dies erlaubt eine Plausibilisierung des beispielsweise im vierten Schritt ermittelten Füllstands. Des Weiteren kann das Rohr mit einer ringförmigen ersten Erdungselektrode ausgestattet

15 sein. Da beanspruchte Verfahren ist dadurch auf eine breitere Spanne an Durchflusssystemen anwendbar.

Ferner können der zweite Schritt und der dritte Schritt zumindest teilweise gleichzeitig durchgeführt werden. Zur zumindest teilweise gleichzeitigen Durchführung der sogenannten Gleichaktanregung und Gegentaktanregung im zweiten bzw.

20 dritten Schritt können die jeweiligen Messströme mit unterschiedlichen Frequenzen angeregt werden. Die Messströme können dazu als Wechselströme mit einstellbarer Frequenz ausgebildet sein. Zu einer einfachen Unterscheidung kann zwischen

25 den Frequenzen der Messströme im zweiten und dritten Schritt eine einstellbare Frequenzdifferenz liegen. Das beanspruchte Verfahren kann dadurch zeitsparend durchgeführt werden und in den Messbetrieb eines entsprechenden Durchflusssysteme

30 integriert werden. Ebenso sind im zweiten und dritten Schritt erste und zweite Messwerte mit im Wesentlichen gleichem Zeitstempel erzeugbar. Ungenauigkeiten durch Zeitversatz zwischen dem zweiten und dritten Schritt sind dadurch vermeidbar. Insgesamt wird so eine zuverlässige Ermittlung des Füllstands

35 gewährleistet.

Das beanspruchte Verfahren kann weiter in einem zehnten Schritt durch die erste und/oder zweite Messelektrode zum

Messen eines Durchflusses im Rohr verwendet werden, indem die durch Magnetfelder im Fluid induzierten Spannungen erfasst werden. Das Erfassen der induzierten Spannungen stellt den Messbetrieb dar, der mit einem Durchflussmesssystem bestimmungsgemäß durchführbar ist. Der zehnte Schritt kann in jeglichem Stadium des beanspruchten Verfahrens durchgeführt werden. Ferner kann der zehnte Schritt zumindest teilweise gleichzeitig mit einem der oben skizzierten Schritte durchgeführt werden. Ebenso können die Magnetfelder, und damit die induzierten Spannungen, die im zehnten Schritt erfasst werden, eine andere Frequenz oder Signalkodierung aufweisen als die Messströme gemäß dem zweiten und/oder dritten Schritt. Die Messwerte gemäß dem zehnten Schritt sind somit bei einer Auswertung eindeutig unterscheidbar. Dadurch ist das beanspruchte Verfahren insgesamt mit dem bestimmungsgemäßen Messbetrieb kombinierbar. Durch das beanspruchte Verfahren ist die funktionelle Vielseitigkeit eines Durchflussmesssystems entsprechend steigerbar. Ferner kann der im vierten Schritt ermittelte Füllstand als Korrekturwert beim Messen des Durchflusses eingesetzt werden. Das beanspruchte Verfahren bietet damit eine gesteigerte Genauigkeit bei der Durchflussmessung.

Die zugrundeliegende Aufgabe wird gleichermaßen durch eine erfindungsgemäße Auswertungseinheit gelöst. Die Auswertungseinheit ist zu einem Ermitteln eines Füllstands eines Rohrs ausgebildet. Ebenso ist die Auswertungseinheit zu einem Empfangen und Verarbeiten von Messsignalen von Messvorrichtungen ausgebildet, die mit der Auswertungseinheit koppelbar sind. Zu den Messvorrichtungen gehören eine erste Messelektrode, eine zweite Messelektrode und eine erste Erdungselektrode, die separat oder kombiniert mit der Auswertungseinheit koppelbar sind. Die Messsignale entsprechen dabei den oben skizzierten Messwerten von den Messelektroden und/oder den Erdungselektroden. Die zumindest eine Erdungselektrode dient unter anderem dazu, das Fluid zu erden, so dass beispielsweise bei Gleichaktanregung ein Stromfluss im Fluid zustande kommen kann. Für die Durchflussmessung gemäß dem zehnten Schritt dient mindestens eine Erdungselektrode zur Ver-

minderung von Störungen und Begrenzung von Gleichtaktsignalen. Insbesondere kann zumindest eine der Erdungselektroden kann zu einer frequenzabhängigen Erdung ausgebildet sein, so dass z. B. für die Messung im zehnten Schritt eine Erdung besteht aber für z. B. die Messung gemäß dem dritten Schritt
5 eine von zwei Erdungselektroden keinen Messstrom ableiten kann. Die erste Messelektrode, die zweite Messelektrode und die erste Erdungselektrode können in einem Rohr, in dem der Füllstand zu ermitteln ist, an einer Innenseite der Wandung
10 derart angebracht werden, dass sie von einem Fluid benetzt sind. Erfindungsgemäß ist die Auswertungseinheit dazu ausgebildet, zumindest eine Ausführungsform des oben beschriebenen Verfahrens durchzuführen. Die oben beschriebenen Merkmale des beanspruchten Verfahrens gelten folglich analog auch für die
15 beanspruchte Auswertungseinheit und sind ohne Weiteres auf diese übertragbar. Die Auswertungseinheit kann mit einem Computerprogrammprodukt ausgestattet sein, das zur Durchführung eines entsprechenden Verfahrens ausgebildet ist. Alternativ oder ergänzend kann die Auswertungseinheit mit einem Chip,
20 Mikrocontroller oder FPGA ausgestattet sein, durch die jeweils das beanspruchte Verfahren umsetzbar ist. Das beanspruchte Verfahren ist im Wesentlichen durch eine erfindungsgemäße Auswertungseinheit an bestehenden Messelektroden bzw. Erdungselektroden implementierbar, beispielsweise im Zuge einer
25 Nachrüstung.

Gleichermaßen wird die eingangs dargestellte Aufgabenstellung durch ein erfindungsgemäßes Durchflussmesssystem gelöst, das eine erste Messelektrode, eine zweite Messelektrode und eine
30 erste Erdungselektrode umfasst. Die erste Messelektrode, die zweite Messelektrode und die erste Erdungselektrode sind mit einer Auswertungseinheit gekoppelt, die ebenso zum Durchflussmesssystem gehört. Die Auswertungseinheit ist zum Ermitteln eines Füllstandes in einem Rohr ausgebildet, an dem die
35 erste Messelektrode, die zweite Messelektrode und die erste Erdungselektrode sind im montierten Zustand des Durchflussmesssystems mit dem Rohr verbunden. Erfindungsgemäß ist die Auswertungseinheit des Durchflussmesssystems gemäß einer der

oben skizzierten Ausführungsformen ausgebildet. Die Merkmale der beanspruchten Auswertungseinheit und des beanspruchten Verfahrens sind daher ebenso auf das erfindungsgemäße Durchflussmesssystem übertragbar. Insgesamt ist das erfindungsgemäße Durchflussmesssystem kompakt und bietet mit der Messung eines Durchflusses durch das Rohr und der Ermittlung des Füllstandes darin ein breites Funktionsspektrum. Die erste und zweite Messelektrode können symmetrisch, also im Wesentlichen auf einer Durchmesserlinie bei einem kreisförmigen Querschnitt des Rohrs gegenüberliegend, angeordnet sein. Alternativ können die erste und zweite Messelektrode auch asymmetrisch am Rohr angeordnet sein, also im Wesentlichen auf einer Sekante im Querschnitt des Rohrs liegen. Ferner können die Messelektroden und/oder die zumindest eine Erdungselektrode jeweils als kapazitativ-gekoppelte Elektroden ausgebildet sein. Dabei ist an den Messelektroden bzw. der zumindest einen Erdungselektrode eine Isolierschicht vorgesehen, die diese vom Fluid isoliert. Weiter können im ersten und/oder zweiten Schritt die Messströme mit einstellbaren Frequenzen angeregt werden, durch die dielektrische Eigenschaften des Fluids ermittelbar sind. Des Weiteren können im beanspruchten Verfahren auch Messsignale zum Ermitteln frequenzabhängiger elektrischer bzw. dielektrischer Eigenschaften des Fluids verwendet werden. Dadurch ist eine weitere Verfeinerung der Durchflussmessung möglich.

Ferner wird die zugrundeliegende Aufgabenstellung durch ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt gelöst, das zu einem Simulieren eines Betriebsverhaltens eines Durchflussmesssystems ausgebildet ist, das in einem Messabschnitt an einem Rohr angebracht ist. Erfindungsgemäß weist das Computerprogrammprodukt ein digitales Abbild zumindest des Messabschnitts auf, zu dem eine dort angebrachte erste Messelektrode, eine zweite Messelektrode und eine erste Erdungselektrode gehören. Die erste Messelektrode, die zweite Messelektrode und die Erdungselektrode gehören somit zum zu simulierenden Durchflussmesssystem. Erfindungsgemäß ist das Durchflussmesssystem gemäß einer der oben beschriebenen Ausführungsformen

ausgebildet. Die Merkmale des beanspruchten Durchflusssystem, der beanspruchten Auswertungseinheit und des beanspruchten Verfahrens sind somit auf das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt übertragbar. Das Computerprogrammprodukt
5 kann Befehle umfassen, die einen Computer, auf dem das Computerprogrammprodukt ausgeführt wird, dazu veranlassen, das Betriebsverhalten des entsprechenden Durchflusssystem zu simulieren. Insbesondere kann das Betriebsverhalten des
Durchflusssystem mittels des Computerprogrammprodukts
10 simuliert werden, während auf diesem eine Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens durchgeführt wird. Das beanspruchte Verfahren kann auf dem zugrundeliegenden realen, also physikalisch vorhandenen, Durchflusssystem durchgeführt werden und/oder auf dem digitalen, also mit dem beanspruchten Computerprogrammprodukt nachgebildeten, Durchflusssystem simuliert werden.
15

Das Computerprogrammprodukt kann zur Simulation über ein Physik-Modul verfügen, in dem das Durchflusssystem zumindest
20 teilweise abgebildet ist. Hierzu kann beispielsweise das Durchflusssystem in seinem Aufbau und seiner Funktionsweise nachgebildet sein, insbesondere im digitalen Abbild, das zum Computerprogrammprodukt gehört. Alternativ oder ergänzend kann das Durchflusssystem auch als Rechenmodell
25 im Physik-Modul ausgebildet sein. Das Physik-Modul kann dazu ausgebildet sein, unter anderem das thermische oder strömungsdynamische Verhalten des Fluids und das sich daraus ergebende Messverhalten des Durchflusssystem unter einstellbaren Betriebsbedingungen nachzustellen. Zu den einstellbaren Betriebsbedingungen gehören beispielsweise eine
30 Strömungsgeschwindigkeit, eine Temperatur des Fluids, eine elektrische Leitfähigkeit des Fluids und/oder der Wandung des Rohrs, eine elektrische Stromflussverteilung im Fluid, eine Phasenangabe über das Fluid, ein Wärmeleitverhalten und/oder
35 elektrisches Leitverhalten einer Gas- bzw. Dampfphase im Fluid, ein Förderdruck im Fluid, und/oder eine Viskosität des Fluids gehören. Das Computerprogrammprodukt kann über eine Datenschnittstelle verfügen, über die entsprechende Daten

über eine Benutzereingabe und/oder andere simulationsgerichtete Computerprogramme vorgebar sind. Ebenso kann das Computerprogrammprodukt über eine Datenschnittstelle zu einem Ausgeben von Simulationsresultaten an einen Benutzer und/oder
5 andere simulationsgerichtete Computerprogrammprodukte verfügen. Mittels des Computerprogrammprodukts ist beispielsweise eine defekte Messelektrode oder Erdungselektrode, eine isolierende Verschmutzung einer Mess- oder Erdungselektrode, und/oder eine bestimmungswidrige Einbaulage einer Mess- oder
10 Erdungselektrode erkennbar. Insbesondere ist das Betriebsverhalten des Durchflussmesssystems, ausgedrückt durch Messsignale an der ersten und/oder zweiten Messelektrode, durch Abgleich mit dem simulierten Durchflussmesssystem auf Plausibilität überprüfbar. Des Weiteren ist das Durchflussmesssystem in einfacher Weise modellierbar, also mit einem Minimum
15 an sogenannten CFD-Berechnungen im Betriebsverhalten nachrechenbar. Insbesondere kann das Durchströmungsverhalten im Rohr mit hinreichender Präzision durch algebraische Berechnung approximiert werden. Das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt erlaubt somit eine Modellierung des zugrundeliegenden Durchflussmesssystems bei einem reduzierten Bedarf an Rechenleistung. Hierdurch ist auch eine Vielzahl an derartigen Durchflussmesssystemen, beispielsweise in einer übergeordneten Steuereinheit einer Automatisierungsanlage, nach-
20 bildbar. Somit ist insgesamt in einfacher Weise ein besonders realitätstreues Prozessabbild vom Betrieb einer entsprechenden Automatisierungsanlage bereitstellbar. Das Computerprogrammprodukt kann als sogenannter Digitaler Zwilling ausgebildet sein, wie beispielsweise in der Druckschrift
30 US 2017/286572 A1 beschrieben. Der Offenbarungsgehalt von US 2017/286572 A1 wird durch Verweisung in die vorliegende Anmeldung mit einbezogen. Das Computerprogrammprodukt kann monolithisch ausgebildet sein, also vollständig auf einer Hardwareplattform ausführbar. Alternativ kann das Computerprogrammprodukt modular ausgebildet sei und eine Mehrzahl an
35 Teilprogrammen umfassen, die auf separaten Hardwareplattformen ausführbar sind und über eine kommunikative Datenverbindung zusammenwirken. Eine solche kommunikative Datenverbin-

5 dung kann eine Netzwerkverbindung, eine Internetverbindung und/oder eine Mobilfunkverbindung sein. Ferner kann durch das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt ein Durchflusssystem per Simulation erprobt und/oder optimiert werden.

5

 Ebenso wird die Aufgabenstellung durch ein erfindungsgemäßes Überwachungsverfahren für ein Durchflusssystem gelöst. Das Überwachungsverfahren dient dazu, den Betrieb eines Durchflusssystem zu überwachen. Das Überwachungsverfahren umfasst einen ersten Schritt, in das Durchflusssystem in einem aktiven Betriebszustand bereitgestellt wird. Ebenso wird im ersten Schritt zumindest ein Messwert bereitgestellt, der sich an der ersten und/oder zweite Messelektrode infolge einer Fluidströmung im Rohr ergibt, an dem das Durchflusssystem angebracht ist. Ebenso wird mindestens eine Betriebsgröße erfasst und bereitgestellt, durch die der vorliegende Betriebszustand des Durchflusssystem vorgegeben ist. Das Verfahren umfasst weiter einen zweiten Schritt, in dem die zumindest eine Betriebsgröße einem Computerprogrammprodukt als Eingabe bereitgestellt wird. Anhand der bereitgestellten Betriebsgröße wird durch das Computerprogrammprodukt im zweiten Schritt ein Soll-Messwert ermittelt, der mit dem im ersten Schritt bereitgestellten Messwert korrespondiert. Das Verfahren umfasst einen dritten Schritt, in dem der Soll-Messwert und der Messwert miteinander verglichen werden. Wenn eine Differenz zwischen dem Messwert und dem Soll-Messwert einen einstellbaren Schwellenwert betragsmäßig übersteigt, wird an einen Benutzer und/oder eine Auswertungseinheit des Durchflusssystem eine Warnung ausgegeben. Ergänzend kann in einem vierten Schritt anhand des Soll-Messwerts und des Messwerts über einen Erkennungsalgorithmus eine Ursache für die Differenz zwischen dem Messwert und dem Soll-Messwert identifiziert werden. Der Erkennungsalgorithmus kann beispielsweise als neuronales Netz ausgebildet sein. Erfindungsgemäß ist das Computerprogrammprodukt, das im zweiten Schritt eingesetzt wird, nach einer der oben dargestellten Ausführungsformen ausgebildet sein. Jeder der Schritte des beanspruchten Überwachungsverfahrens kann ortsunabhängig auf unterschiedli-

chen Hardwareplattformen ausgeführt werden. Zwischenresultate einzelner Schritte können über eine kommunikative Datenverbindung zwischen den Hardwareplattformen ausgetauscht werden, beispielsweise über eine Netzwerkverbindung, eine Internetverbindung oder eine Funkverbindung, insbesondere eine Mobilfunkverbindung.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand einzelner Ausführungsformen in Figuren näher erläutert. Die Figuren sind insoweit in gegenseitiger Ergänzung zu lesen, dass gleiche Bezugszeichen in unterschiedlichen Figuren die gleiche technische Bedeutung haben. Die Merkmale der einzelnen Ausführungsformen sind untereinander auch kombinierbar. Ferner sind die oben skizzierten Merkmale mit den Merkmalen der in den Figuren gezeigten Ausführungsformen auch kombinierbar. Es zeigen im Einzelnen:

- FIG 1 schematisch eine erste Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens in einem ersten Stadium im Querschnitt;
- FIG 2 schematisch die erste Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens in einem zweiten Stadium im Querschnitt;
- FIG 3 schematisch eine zweite Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens in einem ersten Stadium im Querschnitt;
- FIG 4 schematisch die zweite Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens in einem zweiten Stadium im Querschnitt;
- FIG 5 einen vierten Schritt des beanspruchten Verfahrens gemäß der ersten oder zweiten Ausführungsform in einem Diagramm;
- FIG 6 schematisch eine dritte Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens in einem ersten Stadium im Querschnitt;
- FIG 7 die dritte Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens in einem zweiten Stadium im Querschnitt;
- FIG 8 eine vierte Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens in einem dritten Stadium im Diagramm;

FIG 9 schematisch eine fünfte Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens in einem vierten Stadium im Querschnitt.

5 In FIG 1 ist eine erste Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100 in einem ersten Stadium im Querschnitt dargestellt, das zu einem ersten Durchgang 52 de Verfahrens 100 gehört. Das Verfahren 100 dient zu einem Ermitteln eines Füllstands 18 in einem Rohr 10, das eine Wandung 12 aufweist, 10 in der eine Fluid 15 aufgenommen ist, das das Rohr 10 durchströmt. Der Füllstand 18 gemäß FIG 1 ist maximal, also 100 Prozent. Durch die Strömung in Rohr 10 wird ein Durchfluss 13 hervorgerufen, der in FIG 1 als gefüllter Pfeil versinnbildlicht ist. Das Verfahren 100 wird an einem Durchflussmesssystem 15 60 durchgeführt, das an der Wandung 12 gegenüberliegend positioniert Messelektroden 20 aufweist. Die Messelektroden 20 sind über eine Auswertungseinheit 40 ansteuerbar. Die Messelektroden 20 sind derart an der Wandung 12 des Rohrs 10 angebracht, dass diese vom Fluid 15 benetzbar sind. Eine erste 20 te und eine zweite Messelektrode 22, 24 sind im Wesentlichen horizontal gegenüberliegend positioniert. Weiter sind die Messelektroden 20 insoweit ansteuerbar, dass an diesen jeweils einstellbare Messströme 25 anregbar sind. Das Durchflussmesssystem 60 umfasst ferner Erdungselektroden 30, die 25 durch das Fluid 15 benetzbar an der Wandung 12 des Rohrs 10 angeordnet sind. Die Erdungselektroden sind gegenüberliegend angeordnet, wobei an eine erste Erdungselektrode 32 in an einem Tiefpunkt des Rohrs 10 positioniert ist und eine zweite Erdungselektrode 34 an einem Scheitelpunkt des Rohrs 10. So- 30 wohl die Messelektroden 20 als auch die Erdungselektroden 30 sind jeweils mit Messvorrichtungen 21 versehen, die jeweils zum Erfassen von zumindest einer elektrischen Größe ausgebildet sind. Die Messvorrichtungen 21 sind jeweils mit der Auswertungseinheit 40 gekoppelt, die ebenfalls zum Durchflussmesssystem 60 gehört. Das Verfahren 100 geht von einer Ausgangslage aus, in der das Rohr 10 in einem zumindest teilweise mit dem Fluid 15 befüllten Zustand bereitgestellt ist und somit ein erster Verfahrensschritt 110 abgeschlossen ist. Das

Fluid 15 weist eine elektrische Leitfähigkeit 17 auf, so dass sich aus der im Rohr 10 vorliegenden Menge an Fluid 15, also dem Füllstand 18, Impedanzen 45 für die Messströme 25 ergeben.

5

Das Verfahren 100 umfasst ferner einen zweiten Schritt 120, in dem die erste und zweite Messelektrode 22, 24 angeregt werden und dadurch gegensinnige Messströme 25 hervorgerufen werden. Die gegensinnigen Messströme 25 sind betragsmäßig
10 gleich groß und verwirklichen das Prinzip einer sogenannten Gegentaktanregung. Darüber hinaus werden in zweiten Schritt 120 des Verfahrens 100 jeweils an der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 ein erster Messwert 26 erfasst. Die ersten Messwerte 26 werden an die Auswertungseinheit 40 übertragen.
15 Die Auswertungseinheit 40 verfügt über eine Recheneinheit 42 und eine Steuereinheit 44, die dazu ausgebildet sind, ein Computerprogrammprodukt 50 auszuführen, durch das zumindest die ersten Messwerte 26 auswertbar sind. Für die Gegentaktanregung, wie in FIG 1 dargestellt, ergibt sich eine Impedanz 45 für das Fluid 15, die über die ersten Messwerte 26
20 ermittelbar ist. Die Auswertungseinheit 40 ist ferner mit einer Anzeigeeinheit 46 gekoppelt, über die ermittelte Ergebnisse, insbesondere ermittelte Füllstände 18, an einen Benutzer ausgebenbar sind. Ebenso ist die Auswertungseinheit 40 mit
25 einer Datenschnittstelle 48 verbunden, über die ermittelte Ergebnisse, insbesondere ermittelte Füllstände 18, weitergebenbar sind, beispielsweise an eine nicht gezeigte übergeordnete Steuereinheit. Zumindest teilweise gleichzeitig oder zeitlich versetzt zum zweiten Schritt 120 wird im Verfahren 100 ein
30 zehnter Schritt 195 durchgeführt, in dem durch Magnetfelder induzierte Spannungen 29 über die erste Messelektrode 22 erfasst werden, durch die der Durchfluss 13, also die durchströmende Menge an Fluid 15 pro Zeiteinheit, ermittelbar ist. Der zehnte Schritt 195 gehört zu einem Messbetrieb, zu dem
35 begleitend das Verfahren 100 durchführbar ist. Das Ermitteln des Durchflusses 13 erfolgt auch durch die Auswertungseinheit 40. FIG 1 zeigt im Querschnitt einen Messabschnitt entlang des Rohrs 10, der in einem digitalen Abbild abgebildet ist,

das zu einem Computerprogrammprodukt 80 gehört, das dazu ausgebildet ist, das Betriebsverhalten des Durchflussmesssystems 60 zu simulieren. Das Computerprogrammprodukt 80 ist hierzu als Digitaler Zwilling ausgebildet.

5

Die erste Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100 ist in FIG 2 in einem zweiten Stadium gezeigt, das auf das in FIG 1 gezeigte erste Stadium folgt und noch zum ersten Durchgang 52 des Verfahrens 100 gehört. Es liegt weiterhin ein maximaler Füllstand 18 im Rohr 10 vor, also 100 Prozent. Im
10 zweiten Stadium erfolgt ein dritter Schritt 130, in dem gleichsinnig Messströme 25 angeregt werden, so dass ein Stromfluss von jeweils der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 zur ersten und zweiten Erdungselektrode 32, 34 eintritt. Die von der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24
15 angeregten Messströme 25 sind betragsmäßig gleich groß. Es ergeben sich bezogen auf eine Verbindungslinie 19 zwischen der ersten und zweiten Erdungselektrode 32, 34 symmetrisch ausgebildete Stromflusslinien 16 im Querschnitt des Rohrs 12.
20 Die Anregung der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 verwirklichen im dritten Schritt 130 das Prinzip einer sogenannten Gleichtaktanregung. Während des dritten Schritts 130 werden über die Messvorrichtungen 21 an der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 jeweils zweite Messwerte 28 erfasst und
25 an die Auswertungseinheit 40 weitergeleitet. Für die Messströme 25, die im dritten Schritt 130 angeregt werden, ist anhand der zweiten Messwerte 28 Impedanzen 45 des Fluids 15 ermittelbar. Ferner ist im dritten Schritt 130 über die Messvorrichtungen 21 an den Erdungselektroden 30 als Messwert 35 je-
30 weils eine Erdungsstromstärke erfassbar, der an die Auswertungseinheit 40 weitergeleitet wird. Aufgrund des maximalen Füllstands 18, wie in FIG 1 und FIG 2 gezeigt, sind die erste und zweite Erdungselektrode 32, 34 vom Fluid 15 benetzt.
Durch die Messwerte 35 von der ersten und zweiten Erdungselektrode 32, 34 ist damit das Vorliegen des maximalen Füllstands 18 feststellbar. Das Feststellen des maximalen Füllstands 18 anhand der Messwerte 35 von den Erdungselektroden
35 30 erfolgt flankierend zu einem Ermitteln des Füllstands 18

in einem vierten Schritt 140 des Verfahrens 100. Im vierten Schritt 140 wird der Füllstand 18 anhand der im zweiten und dritten Schritt 120, 130 über die erste und zweite Messelektrode 22, 24 ermittelten ersten Messwerte 26 und zweiten
5 Messwerte 28 ermittelt. Die ersten und zweiten Messwerte 26, 28 aus dem zweiten bzw. dritten Schritt 120, 130 ergeben eine im Wesentlichen kontinuierliche Charakteristik, die eine kontinuierliche Ermittlung des Füllstands 18 erlaubt. Dazu werden die ersten und zweiten Messwerte 26, 28 aus dem zweiten
10 und dritten Schritt 120, 130 in der Auswertungseinheit 40 mittels des darin ausgeführten Computerprogrammprodukts 50 ausgewertet. Der vierte Schritt 140 wird im Folgenden in FIG 5 näher dargestellt. Auch die in FIG 2 dargestellten Schritte sind über das als Digitaler Zwilling ausgebildete Computer-
15 programmprodukt 80 nachstellbar, das dazu ausgebildet ist, das Betriebsverhalten des Durchflussmesssystems 60 zu simulieren.

Eine zweite Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100
20 ist in FIG 3 in einem ersten Stadium dargestellt, das zu einem ersten Durchgang 52 des Verfahrens 100 gehört. Das Verfahren 100 wird an einem Durchflussmesssystem 60 durchgeführt, das in seinem Aufbau dem Durchflussmesssystem 60 nach FIG 1 und FIG 2 entspricht. Die Beschreibungen zum Aufbau aus
25 FIG 1 und FIG 2 gelten für FIG 3 daher analog. In FIG 3 ist ein erster Schritt 110 des Verfahrens 100 abgeschlossen, in dem das Rohr 10 in einem zumindest teilweise mit Fluid 15 befüllten Zustand bereitgestellt wird.

30 Im ersten Stadium des Verfahrens 100 gemäß FIG 3 liegt ein verringerter Füllstand 18 vor, der unterhalb von 100 Prozent liegt. Weiter wird im Verfahren 100 ein zweiter Schritt 120 durchgeführt, in dem an der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 gegensinnige Messströme 25 angeregt werden, die be-
35 tragsmäßig gleich groß sind. Durch die gegensinnigen angeregten Messströme 25 wird ein Stromfluss von der ersten Messelektrode 22 zur zweiten Messelektrode 24 hervorgerufen und das Prinzip der Gegentaktanregung verwirklicht. Die Messströ-

me 25 durchlaufen den Querschnitt des Rohrs 10, wobei das Fluid 15 als elektrischer Leiter dient. Durch den verringerten Füllstand 18 steht somit zwischen der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 ein reduzierter Leiterquerschnitt zur Verfügung. Weiter werden im zweiten Schritt 120 erste Messwerte 26 an der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 erfasst. Die ersten Messwerte 26 sind charakteristisch für die bei Gegentaktanregung vorliegenden Impedanzen 45 im Fluid 15. Dementsprechend sind erste Messwerte 26 aus dem zweiten Schritt 120 gemäß FIG 3 und FIG 1 unterscheidbar. Es ergibt sich somit eine im Wesentlichen kontinuierliche Charakteristik für unterschiedliche Füllstände 18. Die ersten Messwerte 26 werden im zweiten Schritt 120 an die Auswertungseinheit 40 weitergeleitet.

15 Weiter liegt am Scheitelpunkt der Wandung 12 des Rohrs 10, im Bereich der zweiten Erdungselektrode 34, aufgrund des verringerten Füllstands 18 eine Gasphase 11 vor. Die zweite Erdungselektrode 34 ist durch die Gasphase 11 vom Fluid 15 getrennt. Weiter erfolgt im ersten Stadium nach FIG 3 ein zehnter Schritt 195 des Verfahrens 100, in dem an der ersten Messelektrode 22 durch Magnetfelder induzierte Spannungen 29 zum Erfassen des Durchflusses 13 im Rohr 10 gemessen werden. Auch der zehnte Schritt 195 wird zumindest teilweise gleichzeitig mit dem zweiten Schritt 120 oder dazu zeitlich versetzt durchgeführt. Das Verfahren 100 ist somit in den Messbetrieb des Durchflussmesssystems 60 integriert. Die in FIG 3 skizzierten Schritte sind durch das als Digitaler Zwilling ausgebildete Computerprogrammprodukt 80 nachstellbar, das dazu ausgebildet ist, das Betriebsverhalten des Durchflussmesssystems 60 zu simulieren.

Die zweite Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100 ist in FIG 4 in einem zweiten Stadium gezeigt, das sich an das erste Stadium gemäß FIG 3 anschließt und ebenfalls zum ersten Durchgang 52 des Verfahrens 100 gehört. Der Füllstand 18 gemäß FIG 4 entspricht dem verringerten Füllstand 18 wie in FIG 3 gezeigt. Auch der Aufbau des Durchflussmesssystems

60 in FIG 4 korrespondiert mit dem Aufbau aus FIG 3. Im zweiten Stadium des Verfahrens 100 wird ein dritter Schritt 130 durchgeführt, in dem an der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 gleichsinnig Mesströme 25 angeregt werden, die betragsmäßig gleich groß sind. Durch die Gasphase 11 am Scheitelpunkt des Rohrs 10, also an der zweiten Erdungselektrode 34, erfolgt im dritten Schritt 130 im Wesentlichen ein Stromfluss von der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 zur ersten Erdungselektrode 32. Dementsprechend liegen zwischen den Messelektroden 20 und der ersten Erdungselektrode 32 entsprechend dicht Stromflusslinien 16 vor. Durch den verringerten Füllstand 18 liegt jeweils zwischen den Messelektroden 20 und der ersten Erdungselektrode 32 ein verringerter Leiterquerschnitt in Form des Fluids 15 vor. Dementsprechend ergibt sich für verringerte Füllstände 18 eine im Wesentlichen kontinuierliche Charakteristik der Impedanzen 45 im Fluid 15. Diese Impedanzen 45 sind über zweite Messwerte 28 ermittelbar, die an der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 erfassbar sind. Die zweiten Messwerte 130 werden im dritten Schritt 130 erfasst und an die Auswertungseinheit 40 weitergeleitet. Über die Auswertungseinheit 40 sind die ersten Messwerte 26 aus dem zweiten Schritt 120, wie in FIG 3 gezeigt, und die zweiten Messwerte 28 aus dem dritten Schritt 130 in einem vierten Schritt 140 auswertbar. Insbesondere wird im vierten Schritt 140 der vorliegende Füllstand 18 anhand der ersten und zweiten Messwerte 26, 28 ermittelt. Dazu ist die Auswertungseinheit 40 mit dem darauf ausgeführten Computerprogrammprodukt 50 ausgestattet. Der vierte Schritt 140 wird im Folgenden in FIG 5 näher dargestellt.

30

Ferner wird ein fünfter Schritt 150 durchgeführt, in dem das Absinken 36 des Füllstands 18 erfasst wird. Darin wird zumindest ein Messwert 35 an der ersten und oder zweiten Erdungselektrode 32, 34 erfasst. Durch das Absinken 36 des Füllstands 18 ist die zweite Erdungselektrode 34, die im Bereich eines Scheitelpunkts des Rohrs 10 angebracht ist, nicht mehr benetzt. Infolge des Absinkens 36 des Füllstands 18 wird ebenfalls die Dichte an Stromlinien 16 im Bereich der ersten

35

Erdungselektrode 32 erhöht, die im Bereich des Tiefpunkts des Rohrs 10 angeordnet ist. Auch ein an der ersten Erdungselektrode 32 erfasster Messwert 35 zeigt durch das Absinken 36 des Füllstands 18 somit eine signifikante Änderung, durch die das Absinken 36 des Füllstands 18 angezeigt wird. Die in FIG 3 skizzierten Schritte sind durch das als Digitaler Zwilling ausgebildete Computerprogrammprodukt 80 nachstellbar, das dazu ausgebildet ist, das Betriebsverhalten des Durchflusssystems 60 zu simulieren.

10

FIG 5 zeigt in einem Diagramm 70 einen vierten Schritt 140 des beanspruchten Verfahrens 100, der beispielsweise in den Ausführungsformen gemäß FIG 1, FIG 2, FIG 3 bzw. FIG 4 durchführbar ist. Der vierte Schritt 140 wird im ersten Durchgang 52 des Verfahrens 100 durchgeführt und dient dazu, ausgehend von ersten und zweiten Messwerten 26, 28, die im zweiten bzw. dritten Schritt 120, 130 erfasst werden, einen im Rohr 10 vorliegenden Füllstand 18 zu ermitteln. Dazu nutzt der vierte Schritt 140 die im Diagramm 70 abgebildeten Zusammenhänge.

15

20

Das Diagramm 70 weist eine horizontale Füllstandsachse 72 auf, die von links nach rechts einen steigenden Füllstand 18 anzeigt. Weiter umfasst das Diagramm 70 eine vertikale Impedanzachse 74. Das Diagramm 70 weist zwei Kennlinien 73 auf, die jeweils einen Zusammenhang zwischen dem Füllstand 18 und einer vorliegenden Impedanz 45 darstellt. Die Kennlinien 73 sind links durch einen minimalen erfassbaren Füllstand 18 und rechts einen maximal erfassbaren Füllstand 18 begrenzt. Der minimale und der maximale erfassbare Füllstand 18 können abhängig von der Position der Elektroden 0 bzw. 100 Prozent betragen. Die im dritten Schritt 130 verwendete Kennlinie 73 weist im Bereich des maximalen erfassbaren Füllstands 18 einen stufenartigen Rückgang auf, der dadurch auftritt, dass eine zweite Erdungselektrode 34 an einem Scheitpunkt des Rohrs 12 benetzt wird. Die Kennlinien 73 im Diagramm 70 können jeweils durch Berechnung, Simulation oder Messung bereitgestellt sein. Die Kennlinien 73 bilden jeweils Charakteristika, die für Gegentaktanregung oder Gleichaktanregung im zweiten bzw. dritten Schritt 120, 130 des Verfahrens 100 ei-

25

30

35

nen Zusammenhang zwischen ermittelter Impedanz 45 und dem Füllstand 18 beschreibt. Die Lage der Kennlinien 73 ist entlang der Impedanzachse 74 von der im Fluid 15 vorliegenden Leitfähigkeit 17 abhängig. Jedoch ist die Relativlage der

5 Kennlinien 73 zueinander gleich. Daraus ergibt sich eine auf die Leitfähigkeit 17 des Fluids 15 bezogene gleitende Kopplung 75, die in FIG 5 durch einen Doppelpfeil versinnbildlicht ist. Zum Ermitteln des Füllstands 18 werden anhand der ersten und zweiten Messwerte 26, 28 aus dem zweiten und drit-

10 ten Schritt 120, 130 die jeweiligen Impedanzen 45 ermittelt und ein Impedanzverhältnis 76 ermittelt. Das Impedanzverhältnis 76 wiederum ist charakteristisch für bis zu zwei Positionen entlang der Kennlinien 73. Eine dieser Positionen stellt den vorliegenden Füllstand 18 dar und die andere Position einen Hypothesen-Füllstand 79. Der Hypothesen-Füllstand 79 ist

15 theoretisch auch möglich, jedoch nicht plausibel. Anhand eines bekannten historischen Werts 77 für den Füllstand 18 ist ermittelbar, dass ein langsamer rückläufiger Trend 78 realistischer ist als ein sprungartiger Rückgang auf den Hypothesen-Füllstand 79. Im vierten Schritt 140 wird bei Vorliegen von zwei rechnerisch möglichen Füllständen, also dem realen Füllstand 18 und dem Hypothesen-Füllstand 79 derjenige als realer Füllstand 18 erkannt, der näher am bekannten historischen Füllstand 77 liegt. Eine Wiederholrate, mit der das

20 Verfahren 100 durchgeführt wird, ist dahingehend anpassbar, dass der Abgleich mit dem bekannten historischen Wert 77 eine plausible Unterscheidung erlaubt. Der vierte Schritt 140 erlaubt insgesamt ein im Wesentlichen kontinuierliches Erkennen des Füllstands 18 von Fluid 15 im Rohr 10 unabhängig von der

30 im Fluid 15 vorliegenden elektrischen Leitfähigkeit 17. Der vierte Schritt 140 wird mittels der Auswertungseinheit 40 des nicht näher gezeigten Durchflussmesssystems 60 durchgeführt, beispielsweise durch das in der Auswertungseinheit 40 ausgeführte Computerprogrammprodukt 50.

35

FIG 6 zeigt eine dritte Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100 in einem ersten Stadium im Querschnitt. Das Verfahren 100 wird an einem Durchflussmesssystem 60 durchge-

führt, das in puncto Aufbau mit den Durchflussmesssystemen 60 gemäß FIG 1 bis FIG 4 korrespondiert. Der vorliegende Füllstand 18 ist dabei maximal, also 100 Prozent. Im Verfahren 100 nach FIG 6 wird ein sechster Schritt 160 durchgeführt, in dem an der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 Mesströme 25 angeregt werden, die betragsmäßig unterschiedlich sind. Der sechste Schritt 160 gehört dabei zu einem zweiten Durchgang 54 des Verfahrens 100, der sich dem ersten Durchgang 52 gemäß beispielsweise FIG 1 bis FIG 4 anschließt. Dadurch ergeben sich, bezogen auf eine Verbindungslinie 19 zwischen der ersten und zweiten Erdungselektrode 32, 34 asymmetrisch ausgebildete Stromdichtelinien 16 im Fluid 15. Ebenso wird im sechsten Schritt 160 an der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 zumindest ein Vergleichsmesswert 27 erfasst, der an die Auswertungseinheit 40 weitergeleitet wird. Ebenso können Messwerte 35 an der ersten und zweiten Erdungselektrode 32, 34 erfasst und an die Auswertungseinheit 40 weitergeleitet werden.

Im ersten Stadium, wie in FIG 6 gezeigt, wird auch ein siebter Schritt 170 durchgeführt. Im siebten Schritt 170 wird aus ersten und zweiten Messwerten 26, 28 aus dem zweiten und dritten Schritt 120, 130, wie in FIG 1 bis FIG 4 abgebildet, zumindest ein Erwartungswert 33 ermittelt. Der zumindest eine Erwartungswert 33 wird im siebten Schritt 170 durch Superpositionieren gebildet. Die im sechsten Schritt 160 angeregten Mesströme 25 entsprechen ebenfalls einer Superposition der korrespondierenden Mesströme 25 aus dem ersten Durchgang 52. Der zumindest eine im sechsten Schritt 160 erfasste Vergleichsmesswert 27 sind somit im siebten Schritt 170 mit dem korrespondierenden Erwartungswerte 33 verglichen. Dazu wird zwischen dem zumindest einen Vergleichsmesswert 27 und dem korrespondierenden Erwartungswert 33 eine Differenz ermittelt und mit einem einstellbaren Toleranzwert verglichen. Wenn die ermittelte Differenz den einstellbaren Toleranzwert betragsmäßig übersteigt, wird eine Warnung ausgegeben. Wenn die Differenz betragsmäßig geringer ist als der einstellbare Toleranzwert, wird ein bestimmungsgemäßer Zustand des Durchfluss-

messsystems 60 erkannt. Durch den sechsten Schritt 160 und den siebten Schritt 170 ist somit das Vorliegen eines bestimmungswidrigen Zustands des Durchflussmesssystems 60 möglich, die in deren Messbetrieb integriert ist. Ein bestimmungswidriger Zustand kann dabei beispielsweise in einer verschmutzten Messelektrode 20, einer verschmutzten Erdungselektrode 30 oder einer verrutschten Montageposition dieser bestehen. Das Funktionsspektrum des Verfahren 100 wird durch die asymmetrische Anregung somit weiter gesteigert. Auch das Betriebsverhalten des Durchflussmesssystems 60 ist durch das als Digitalen Zwilling ausgebildete Computerprogrammprodukt 80 simulierbar und so weitergehend auf bestimmungswidrige Zustände überwachbar.

Die dritte Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100 ist in FIG 7 in einem zweiten Stadium gezeigt, das sich dem in FIG 6 skizzierten ersten Stadium anschließt. Der Aufbau des Durchflussmesssystems 60 in FIG 7 entspricht dem des Durchflussmesssystems 60 aus FIG 6. Gegenüber dem ersten Stadium ist der Füllstand 18 im zweiten Stadium verringert, also unter 100 Prozent. Im zweiten Stadium, das auch zum zweiten Durchgang 54 des Verfahren 100 gehört, werden der sechste und siebte Schritt 160, 170 korrespondierend zum ersten Stadium gemäß FIG 6 durchgeführt. Die von der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 angeregten Messströme 25 sind betragsmäßig ungleich, so dass sich asymmetrisch angeordnete Stromdichtelinien 16 ergeben. Im sechsten und siebten Schritt 160, 170 ist auch bei verringertem Füllstand 18 das Superpositionsprinzip nutzbar um den im ersten Durchgang 52 ermittelten Füllstand 18 zu plausibilisieren und/oder einen bestimmungswidrigen Zustand des Durchflussmesssystems 60 zu erkennen. Gleichmaßen ist das Betriebsverhalten des Durchflussmesssystems 60 bei verringertem Füllstand 18 und asymmetrischer Anregung im Computerprogrammprodukt 80 simulierbar und weitergehend auf bestimmungswidrige Zustände überwachbar.

Eine vierte Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100 ist in FIG 8 in einem Diagramm 90 gezeigt. Die vierte Ausfüh-

rungsform umfasst einen achten Schritt 180, der in einem dritten Stadium des Verfahrens 100 durchgeführt wird. Das dritte Stadium kann sich einem zweiten Stadium anschließen, wie beispielsweise in FIG 3 und FIG 4 gezeigt. Der achte

5 Schritt dient zu einem Erkennen einer Mehrphasenströmung im Querschnitt des Rohrs 12. Das Diagramm 90 weist eine horizontale Zeitachse 92 auf und eine vertikale Größenachse 94, an der vorliegende Füllstand 18 im Rohr 10 ablesbar ist.

10 Das Füllstand 18 liegt auf einem im Wesentlichen konstanten Niveau. Im Fluid 15 bewegt sich mit dem Durchfluss 13 eine Gasphase 11. Die Gasphase 11 passiert einen Messabschnitt des Rohrs 10, in dem zumindest Messelektroden 20, wie in FIG 1 bis FIG 4 gezeigt, angeordnet sind. Durch das beanspruchte

15 Verfahren 100 wird im Rohr 10 bei einem Passieren der Gasphase 11 durch den Messabschnitt zuerst ein Absinken 36 des Füllstands 18 erfasst. Anschließend wird ein Ansteigen 38 des Füllstands 18 auf das vorherige Niveau erfasst. Im achten Schritt 180 wird das Absinken 36 und/oder das Ansteigen 38

20 des Füllstands 18 erfasst. Jeweils zum Absinken 36 und/oder dem Absteigen 38 des Füllstands 18 wird ein zeitlicher Gradient 93 ermittelt. Der zeitliche Gradient 93 wird im achten Schritt 180 weiter mit einem nicht näher gezeigten Mehrphasen-Toleranzwert verglichen. Wenn der zeitliche Gradient 93

25 betragsmäßig den einstellbaren Mehrphasen-Toleranzwert übersteigt, wird ein Passieren der Gasphase 11 erkannt. Der achte Schritt 180 basiert unter anderem auf der Erkenntnis, dass Gasphasen 11 im beanspruchten Verfahren 100 zu anscheinend abrupt absinkenden bzw. ansteigenden ermittelten Füllständen

30 18 führen.

Alternativ oder ergänzend kann auch eine Dauer 95 zwischen einem Absinken 36 und einem Ansteigen 38 des Füllstands 18 im achten Schritt 180 erfassbar. Gasphasen 11 passieren das Rohr

35 10 im Fluid 15 typischerweise mit erhöhter Geschwindigkeit, so dass der Füllstand 18 im beanspruchten Verfahren 100 scheinbar kurzfristig vorübergehend absinkt. Auch dadurch ist das Vorliegen einer Mehrphasenströmung im Rohr 10 erkennbar.

Das beanspruchte Verfahren 100 ist derart schnell durchführbar, dass zuverlässig eine passierende Gasphase 11 erkennbar ist. Dadurch sind eine Pfropfenströmung oder eine Schwallströmung im Rohr 10 erkennbar.

5

FIG 9 zeigt schematisch eine fünfte Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100 in einem vierten Stadium, das sich beispielsweise an das erste Stadium, wie in FIG 1 oder FIG 2 gezeigt, oder an das dritte Stadium nach FIG 8 anschließt. In der fünften Ausführungsform des beanspruchten Verfahrens 100 wird ein neunter Schritt 190 durchgeführt, der dazu dient, eine Mehrphasenströmung zu erkennen. Das Durchflusssystem 60 entspricht im Aufbau den Durchflusssystemen 60, wie in FIG 1 bis FIG 4, FIG 6 und FIG 7 dargestellt. Mit dem Durchfluss 13 des Fluids 15 strömt eine Fremdphase 31, die als Tropfen, beispielsweise aus Öl, ausgebildet ist, durch das Rohr 10. Die Fremdphase 31 weist eine geringere elektrische Leitfähigkeit 17 auf als das Fluid 15. Im neunten Schritt 190 werden, wie im dritten Schritt 130 des Verfahrens 100, an der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 gleichsinnige Messströme 25 angeregt und so eine Gleichaktanregung verwirklicht. Bezogen auf eine Verbindungslinie 19, die im Wesentlichen horizontal zwischen der ersten und zweiten Messelektrode 22, 24 verläuft, stellen sich durch die Fremdphase 31 asymmetrische Stromflusslinien 16 ein. Zwischen der zweiten Erdungselektrode 34 und der ersten bzw. zweiten Messelektrode 22, 24 wird somit der im Fluid 15 vorliegende nutzbare Leiterquerschnitt, also das Fluid 15 selbst, durch die Fremdphase 31 verringert. Weiter wird im neunten Schritt 190 ein Messwert 35 an der ersten und an der zweiten Erdungselektrode 32, 34 erfasst und an die Auswertungseinheit 40 weitergeleitet. Die im neunten Schritt 190 an den Erdungselektroden 30 erfassten Messwerte 35 korrespondieren miteinander, beziehen sich also auf die gleiche elektrische Größe. Ebenso wird im neunten Schritt 190 zwischen den so an der ersten und zweiten Erdungselektrode 32, 34 erfassten Messwerten 34 eine Differenz gebildet. Wenn die Differenz betragsmäßig einen einstellbaren Mehrphasen-Schwellenwert übersteigt, wird ein Vor-

35

liegen einer Mehrphasenströmung im Rohr 10 erkannt. Der neun-
te Schritt 190 kann in den dritten Schritt 130 integriert
sein, oder in Kombination mit den anderen gezeigten Ausführ-
ungsformen kombiniert sein. Das beanspruchte Verfahren 100
5 ist somit auch in der Lage, eine Pfropfenströmung oder
Schwallströmung zu erkennen. Wenn bekannt ist, welche Stoffe
die Fremdphase 31 ist, kann ferner über eine Tabelle oder
entsprechende Charakteristik ein Volumenanteil der Fremdphase
31 im Fluid 15 ermittelt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zum Ermitteln eines Füllstands (18) eines Rohrs (10), an dem eine ansteuerbare erste und eine zweite
5 Messelektrode (22, 24) angeordnet sind und das mit zumindest einer Erdungselektrode (30, 32, 34) versehen ist, umfassend die Schritte:
- a) Bereitstellen des Rohrs (10) in einem zumindest teilweise mit einem Fluid (15) befüllten Zustand;
 - 10 b) Anregen der ersten und zweiten Messelektrode (22, 24) mit gegensinnigen Messströmen (25) und jeweils Erfassen zumindest eines ersten Messwerts (26) an der ersten und/oder zweiten Messelektrode (22, 24);
 - c) Anregen der ersten und zweiten Messelektrode (22, 24) mit
15 gleichsinnigen Messströmen (25) und jeweils Erfassen eines zweiten Messwerts (28) an der ersten und/oder zweiten Messelektrode (22, 24);
 - d) Ermitteln des Füllstands (18) des Rohrs (10) anhand zumindest des ersten und zweiten Messwerts (26, 28) gemäß den
20 Schritten b) und c),
- dadurch gekennzeichnet, dass in einem weiteren Schritt j) durch die ersten und/oder zweite Messelektrode (22, 24) eine durch ein Magnetfeld im Fluid (15) induzierte Spannung (29)
25 zum Messen eines Durchflusses (13) im Rohr (10) erfasst wird.
2. Verfahren (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt d) anhand des ersten Messwerts (26) eine erste Impedanz (45) ermittelt wird und/oder anhand des zweiten
30 Messwerts (28) eine zweite Impedanz (45).
3. Verfahren (100) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in einem weiteren Schritt e) ein Messwert (35) an der ersten Erdungselektrode (32) und/oder einer zweiten
35 Erdungselektrode (34) zu einem Erkennen eines Absinkens (36) des Füllstands (18) erfasst wird.

4. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die in Schritt b) und/oder c) angeregten Messströme (25) in zumindest einem ersten Durchgang (52) des Verfahrens (100) betragsmäßig gleich hoch sind.

5

5. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in einem weiteren Schritt f) Messströme (25) in der ersten und/oder zweiten Messelektrode (22, 24) angeregt werden, die betragsmäßig ungleich sind und an der ersten und/oder zweiten Messelektrode (22, 24) zumindest ein Vergleichsmesswert (27) erfasst wird.

10

6. Verfahren (100) nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass in einem weiteren Schritt g) anhand des ersten und zweiten Messwerts (26, 28) aus dem ersten Durchgang (52) ein Erwartungswert (33) gebildet wird, der mit dem Vergleichsmesswert (27) verglichen wird.

15

7. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass in einem weiteren Schritt h) ein zeitlicher Gradient (93) des Absinkens (36) und/oder eines Anstiegens (38) des Füllstands (18) und/oder eine Dauer (95) zwischen dem Absinken (36) und Ansteigen (38) erfasst wird und anhand des zeitlichen Gradienten (93) und/oder der Dauer (95) eine Mehrphasenströmung erkannt wird.

20

25

8. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass in einem weiteren Schritt i) eine Differenz zwischen Messwerten (35) der ersten und zweiten Erdungselektrode (32, 34) erfasst wird zum Erkennen einer vorliegenden Mehrphasenströmung.

30

9. Verfahren (100) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt i) anhand von ersten Messwerten (26) aus Schritt b) und/oder zweiten Messwerten (28) aus Schritt c) zusammen mit zumindest einem Messwert (35) an der ersten und/oder zweiten Erdungselektrode (32, 34) eine Lage einer

35

Fremdphase (31) in einem Rohrquerschnitt des Rohrs (12) erkannt wird.

5 10. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass für den ersten und/oder zweiten Messwert (26, 28) ein Signalrauschen erfasst wird und anhand des Signalrauschens der Füllstand (18) ermittelt wird.

10 11. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt b) und Schritt c) zumindest teilweise gleichzeitig durchgeführt werden.

15 12. Auswertungseinheit (40) zum Ermitteln eines Füllstands (18) eines Rohrs (10), die die zum Empfangen und Verarbeiten von Messsignalen (26, 27, 28, 35) von Messvorrichtungen (21) ausgebildet ist und mit einer ersten Messelektrode (22), einer zweiten Messelektrode (24) und einer ersten Erdungselektrode (32) koppelbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinheit (40) durch Durchführen zumindest eines
20 Verfahrens (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgebildet ist.

25 13. Durchflussmesssystem (60), umfassend eine erste Messelektrode (22), eine zweite Messelektrode (24) und eine erste Erdungselektrode (32), die mit einer Auswertungseinheit (40) zum Ermitteln eines Durchflusses (13) in einem Rohr (10) gekoppelt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinheit (40) nach Anspruch 12 ausgebildet ist.

30 14. Computerprogrammprodukt (80) zum Simulieren eines Betriebsverhaltens eines Durchflussmesssystems (60), das in einem Messabschnitt an einem Rohr (10) angebracht ist, und ein digitales Abbild zumindest des Messabschnitts mit einer ersten Messelektrode (22), einer zweiten Messelektrode (24) und
35 einer ersten Erdungselektrode 32() des Durchflussmesssystems (60) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Durchflussmesssystems (60) nach Anspruch 13 ausgebildet ist.

FIG 2
100, 110, 52

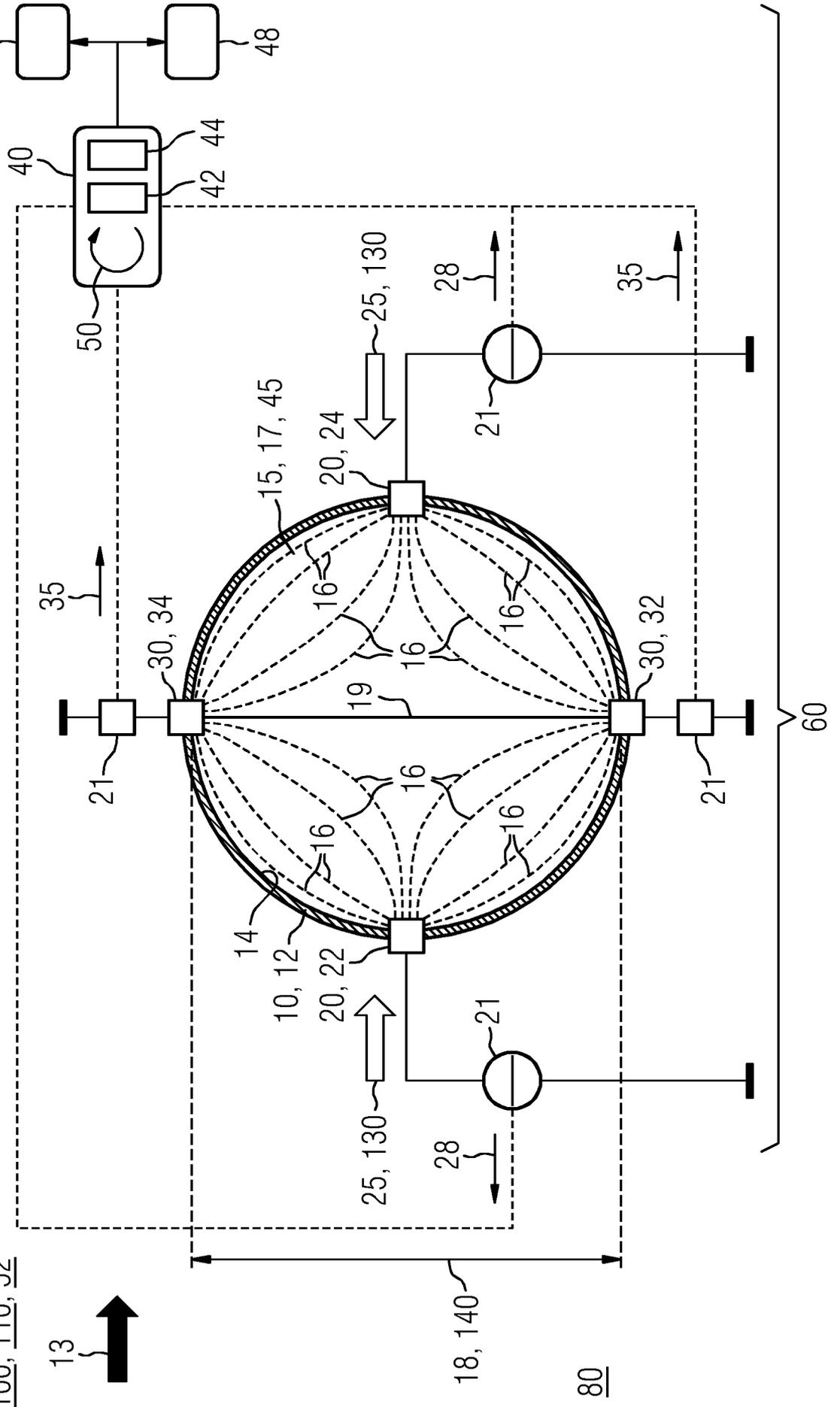
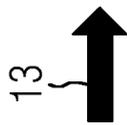


FIG 3
100, 110, 52

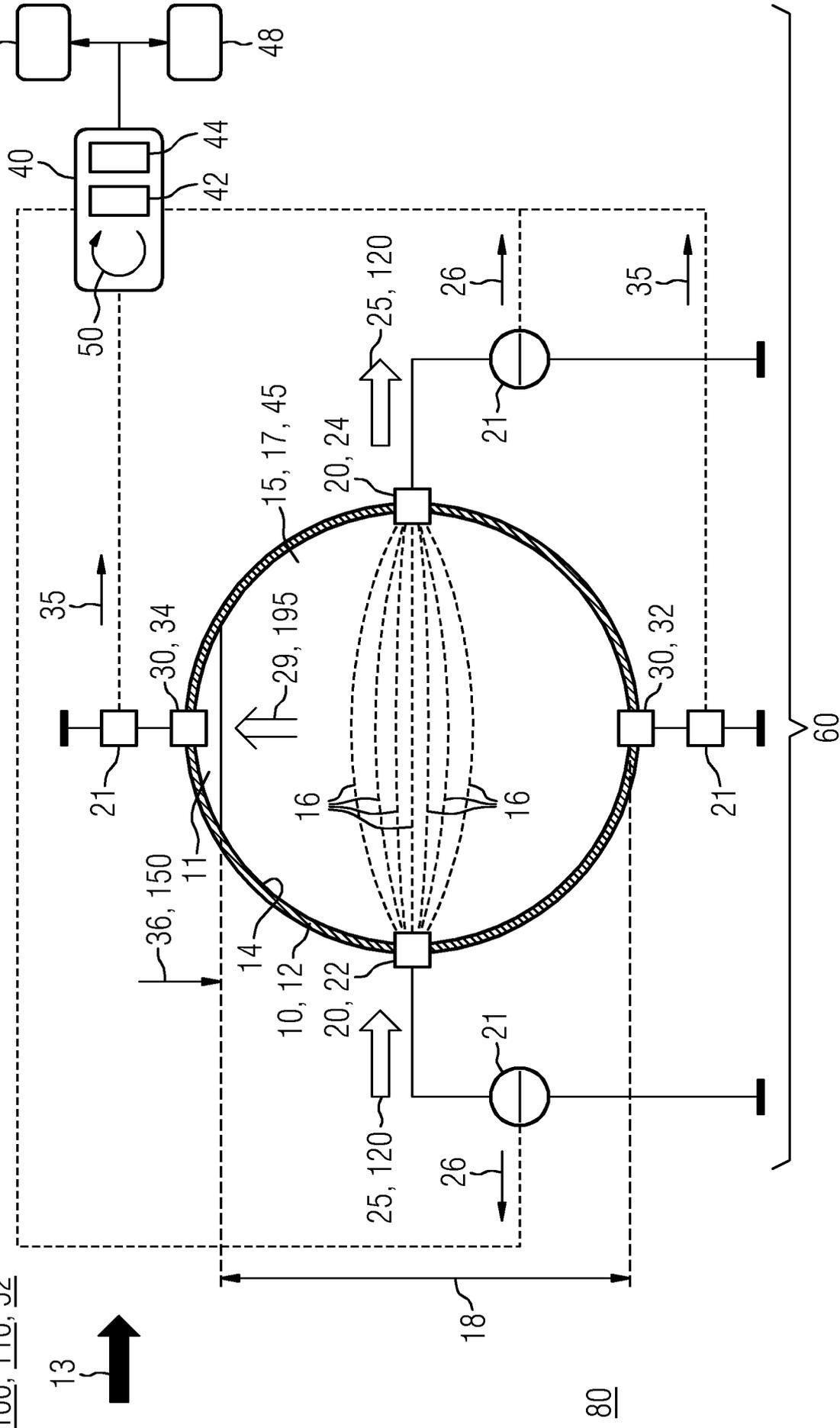
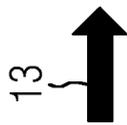
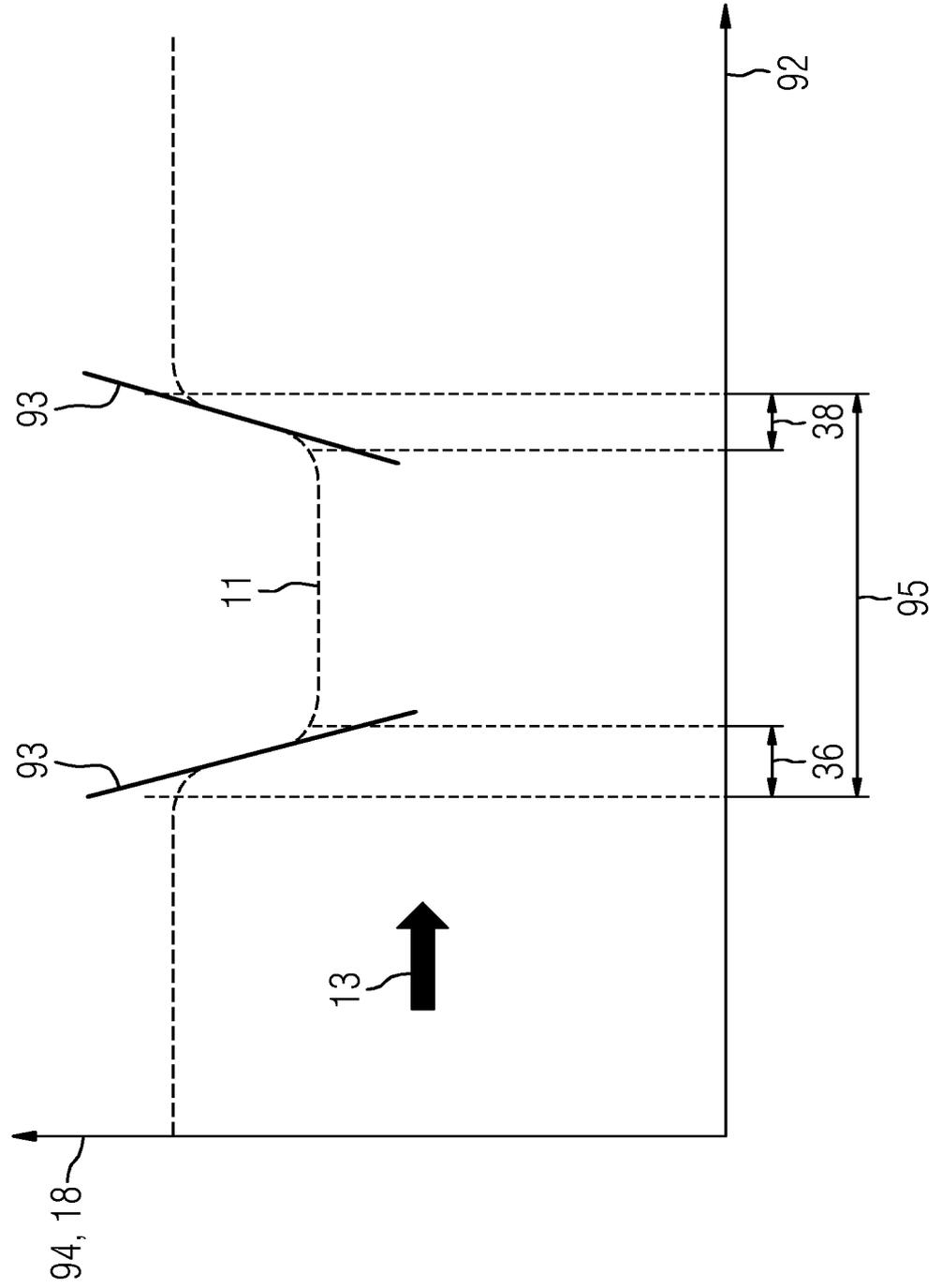


FIG 8
100, 180, 90, 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/056745

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01F 1/58</i> (2006.01)i; <i>G01F 1/64</i> (2006.01)i; <i>G01F 23/24</i> (2006.01)i; <i>G01F 23/26</i> (2022.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102010020963 A9 (ABB SCHWEIZ AG [CH]) 27 October 2016 (2016-10-27) figure 1 paragraphs [0003], [0006]	1-14
A	EP 3237849 B1 (FLOWTEC AG [CH]) 05 February 2020 (2020-02-05) paragraph [0019] - paragraph [0021]	1-14
A	KR 102171789 B1 (LEE KWANG JAE [KR]) 29 October 2020 (2020-10-29) paragraph [0063] - paragraph [0066]	1-14
A	DE 9204374 U1 (TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN [DE]) 12 August 1993 (1993-08-12) figure 2	1-14
A	DE 102020112129 B3 (FLOWTEC AG [CH]) 30 September 2021 (2021-09-30) paragraph [0025] - paragraph [0026]	1-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 05 June 2023		Date of mailing of the international search report 15 June 2023
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Nierhaus, Thomas Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/056745

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	102010020963	A9	27 October 2016	DE 102010020963 A1	24 November 2011
				WO 2011144343 A1	24 November 2011
EP	3237849	B1	05 February 2020	CN 107110679 A	29 August 2017
				DE 102014119453 A1	23 June 2016
				EP 3237849 A1	01 November 2017
				US 2017343396 A1	30 November 2017
				WO 2016102193 A1	30 June 2016
KR	102171789	B1	29 October 2020	NONE	
DE	9204374	U1	12 August 1993	NONE	
DE	102020112129	B3	30 September 2021	CN 115461596 A	09 December 2022
				DE 102020112129 B3	30 September 2021
				EP 4147011 A1	15 March 2023
				WO 2021223987 A1	11 November 2021

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2023/056745

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	G01F1/58	G01F1/64
		G01F23/24
		G01F23/26
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
G01F		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2010 020963 A9 (ABB SCHWEIZ AG [CH]) 27. Oktober 2016 (2016-10-27) Abbildung 1 Absätze [0003], [0006] -----	1-14
A	EP 3 237 849 B1 (FLOWTEC AG [CH]) 5. Februar 2020 (2020-02-05) Absatz [0019] - Absatz [0021] -----	1-14
A	KR 102 171 789 B1 (LEE KWANG JAE [KR]) 29. Oktober 2020 (2020-10-29) Absatz [0063] - Absatz [0066] -----	1-14
A	DE 92 04 374 U1 (TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN [DE]) 12. August 1993 (1993-08-12) Abbildung 2 -----	1-14
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absdtedatum des internationalen Recherchenberichts
5. Juni 2023		15/06/2023
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Nierhaus, Thomas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2020 112129 B3 (FLOWTEC AG [CH]) 30. September 2021 (2021-09-30) Absatz [0025] - Absatz [0026] -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/056745

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010020963 A9	27-10-2016	DE 102010020963 A1 WO 2011144343 A1	24-11-2011 24-11-2011
EP 3237849 B1	05-02-2020	CN 107110679 A DE 102014119453 A1 EP 3237849 A1 US 2017343396 A1 WO 2016102193 A1	29-08-2017 23-06-2016 01-11-2017 30-11-2017 30-06-2016
KR 102171789 B1	29-10-2020	KEINE	
DE 9204374 U1	12-08-1993	KEINE	
DE 102020112129 B3	30-09-2021	CN 115461596 A DE 102020112129 B3 EP 4147011 A1 WO 2021223987 A1	09-12-2022 30-09-2021 15-03-2023 11-11-2021