



(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2005 000 508.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2005/006623**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2005/093381**
(86) PCT-Anmeldetag: **03.03.2005**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **06.10.2005**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **08.03.2007**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **03.08.2023**

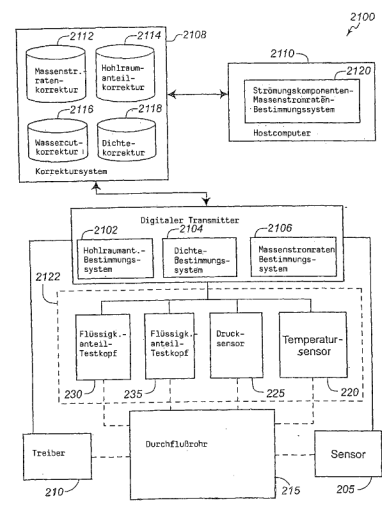
(51) Int Cl.: **G01F 1/84 (2006.01)**
G01F 1/74 (2006.01)
G01F 15/02 (2006.01)
G01N 9/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

<p>(30) Unionspriorität: 60/549,161 03.03.2004 US 11/069,931 02.03.2005 US</p> <p>(73) Patentinhaber: Schneider Electric Systems USA, Inc., Foxboro, Mass., US</p> <p>(74) Vertreter: Friese Goeden Patentanwälte PartGmbH, 80538 München, DE</p>	<p>(72) Erfinder: Tombs, Michael S., Oxford, GB; Henry, Manus P., Oxford, GB; Duta, Mihaela D., Oxford, GB; Lansangan, Robbie, Houston, Tex., US; Dutton, Robert E., Louisville, Col., US; Mattar, Wade M., Wrentham, Mass., US</p> <p>(56) Ermittelter Stand der Technik: siehe Folgeseiten</p>
---	--

(54) Bezeichnung: **Mehr-Phasen-Coriolis-Durchflussmessgerät**

(57) Hauptanspruch: System (2100), umfassend: eine Regel- oder Steuereinrichtung (104) oder einen Controller, welche(r) betätigbar ist oder arbeitet, um ein Sensorsignal von einem ersten Sensor (205) zu empfangen, welcher mit einem vibrierbaren Durchflußrohr (215) verbunden ist, welches einen Drei-Phasen-Fluidstrom enthält, welcher eine erste Flüssigkeit, eine zweite Flüssigkeit und ein Gas enthält, wobei die Regel- oder Steuereinrichtung (104) weiterhin betätigbar ist, um das Sensorsignal zu analysieren, um einen scheinbaren Fluß- oder Strömungsparameter des Fluidstroms zu bestimmen; einen zweiten Sensor (220, 225, 230, 235), welcher betätigbar ist, um eine scheinbare Strömungsbedingung des Fluidstroms zu bestimmen; und ein Korrekturmodul (240, 250, 260, 270, 275), welches betätigbar ist, um den scheinbaren Strömungsparameter und die scheinbare Strömungsbedingung einzugeben und einen korrigierten Strömungsparameter daraus zu bestimmen, wobei das Korrekturmodul (240, 250, 260, 270, 275) ein neurales Netzwerk beinhaltet, welches betätigbar ist, um den scheinbaren Strömungsparameter und die scheinbare Strömungsbedingung einzugeben und den korrigierten Strömungsparameter und eine korrigierte Strömungsbedingung auszugeben.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	6 507 791	B2
US	5 029 482	A
US	5 224 372	A
US	5 877 954	A
US	4 096 745	A

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Diese Beschreibung bezieht sich auf Durchflußmeßgeräte.

HINTERGRUND

[0002] Durchflußmeßgeräte stellen Information über Materialien zur Verfügung, welche durch eine Leitung oder ein Strömungs- bzw. Durchflußrohr transferiert bzw. übertragen werden. Beispielsweise stellen Massendurchflußmeßgeräte eine Anzeige der Masse eines Materials zur Verfügung, welches durch eine Leitung übertragen wird. In ähnlicher Weise stellen Dichtdurchflußmeßgeräte oder Densitometer eine Anzeige der Dichte eines Materials zur Verfügung, welches durch eine Leitung fließt bzw. strömt. Massendurchflußmeßgeräte können auch eine Anzeige der Dichte des Materials zur Verfügung stellen.

[0003] Beispielsweise basieren Coriolis-Typ-Massendurchflußmeßgeräte auf dem Coriolis-Effekt, in welchem Material, welches durch eine Leitung strömt, durch eine Coriolis-Kraft beeinflusst wird und dadurch eine Beschleunigung erfährt. Viele Coriolis-Typ-Massendurchflußmeßgeräte induzieren eine Coriolis-Kraft durch ein sinusartiges bzw. -förmiges Oszillieren einer Leitung um eine Schwenkachse orthogonal zur Länge der Leitung. In derartigen Massendurchflußmeßgeräten wird die Coriolis-Reaktionskraft, welche durch die sich bewegende fluide bzw. Fluidmasse erfahren wird, auf die Leitung selbst übertragen und als eine Ablenkung oder ein Offset bzw. Versetzen der Leitung in der Richtung des Coriolis-Kraftvektors in der Ebene einer Rotation manifestiert bzw. gezeigt.

[0004] US 5 224 372 A, US 4 096 745 A, US 6 507 791 B2 und US 5 029 482 A offenbaren Systeme und Verfahren zur Messung eines Fluidstroms. US 5 224 372 A, US 4 096 745 A, US 6 507 791 B2 und US 5 029 482 A offenbart ein System und ein Verfahren für die Modellierung und die Kontrolle industrieller Prozesse.

ZUSAMMENFASSUNG

[0005] Gemäß einem allgemeinen Aspekt beinhaltet ein System eine Regel- bzw. Steuereinrichtung bzw. einen Controller, welche(r) betätigbar ist bzw. arbeitet, um ein Sensorsignal von einem ersten Sensor zu empfangen, welcher mit einem vibrierbaren Durchflußrohr verbunden ist, welches einen Drei-Phasen-Fluidstrom enthält, welcher eine erste Flüssigkeit, eine zweite Flüssigkeit und ein Gas enthält, wobei die Regel- bzw. Steuereinrichtung weiterhin betätigbar ist, um das Sensorsignal zu analysieren, um einen scheinbaren Fluß- bzw. Strömungsparameter des Fluidstroms zu bestimmen, einen zweiten Sensor, welcher betätigbar ist bzw. arbeitet, um eine scheinbare Strömungsbedingung des Fluidstroms zu bestimmen, und ein Korrekturmodul, welches betätigbar ist bzw. arbeitet, um den scheinbaren Strömungsparameter und die scheinbare Strömungsbedingung einzugeben und einen korrigierten Strömungsparameter daraus zu bestimmen.

[0006] Implementierungen können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten. Beispielsweise kann das Korrekturmodul weiterhin betätigbar sein, um den scheinbaren bzw. augenscheinlichen Strömungsparameter und die scheinbare Strömungsbedingung bzw. den scheinbaren Strömungszustand einzugeben und eine korrigierte Strömungsbedingung daraus zu bestimmen. Der augenscheinliche bzw. scheinbare Strömungsparameter kann eine scheinbare Bulk- bzw. Volumsdichte des Fluidstroms bzw. -flusses oder eine scheinbare Bulk- bzw. Volumsmassenströmungsrate bzw. -geschwindigkeit des Fluidstroms enthalten.

[0007] Der zweite Sensor kann einen Flüssigkeitsanteil-Testkopf enthalten, welcher betätigbar ist bzw. arbeitet, um eine Flüssigkeitsanteils- bzw. -fraktionsmessung zu bestimmen, welche einen Volumsanteil der ersten Flüssigkeit in bezug auf die zweite Flüssigkeit identifiziert, oder ein Hohlraum- bzw. Leerraumanteils-Bestimmungssystem, welches betätigbar ist, um einen Leerraumanteil bzw. eine Hohlraumfraktion des Gases innerhalb des Fluidstroms zu bestimmen.

[0008] Ein Komponentenströmungsraten-Bestimmungssystem kann enthalten sein, welches betätigbar ist, um eine Strömungsrate bzw. -geschwindigkeit der ersten Flüssigkeit innerhalb des Fluidstroms zu bestimmen. Das Komponentenströmungsraten-Bestimmungssystem kann an der Regel- bzw. Steuereinrichtung, dem Korrekturmodul, dem zweiten Sensor oder einem Wirts- bzw. Hostcomputer in Verbindung mit der Regel- bzw. Steuereinrichtung, dem Korrekturmodul oder dem zweiten Sensor implementiert sein bzw. werden.

[0009] Ein Komponentenströmungsraten-Bestimmungssystem kann enthalten sein, welches betätigbar ist, um eine Strömungsrate des Gases innerhalb des Fluidstroms zu bestimmen. Eine Implementierung des Korrekturmoduls kann mit einem Prozessor der Regel- bzw. Steuereinrichtung oder mit einem Prozessor des zweiten Sensors assoziiert bzw. verbunden sein bzw. werden. Ein Wirts- bzw. Hostcomputer kann in Verbindung bzw. Kommunikation mit der Regel- bzw. Steuereinrichtung oder dem zweiten Sensor und betätigbar sein, um das Korrekturmodul zu implementieren.

[0010] In dem System kann der zweite Sensor betätigbar sein, um einen ersten scheinbaren Strömungsbedingungs- bzw. -zustandswert an die Regel- bzw. Steuereinrichtung für eine Verwendung bei einer Bestimmung eines ersten korrigierten Strömungsparameterwerts auszugeben, und die Regel- bzw. Steuereinrichtung kann betätigbar sein, um den ersten korrigierten Strömungsparameterwert an den zweiten Sensor zur Bestimmung eines ersten korrigierten Strömungsbedingungs-werts auszugeben, und der zweite Sensor kann betätigbar sein, um einen zweiten korrigierten Strömungsbedingungs-wert an die Regel- bzw. Steuereinrichtung für eine Verwendung bei einer Bestimmung des korrigierten Strömungsparameterwerts auszugeben.

[0011] Das Korrekturmodul enthält ein neuronales Netzwerk, welches betätigbar ist, um den scheinbaren Strömungsparameter und die scheinbare Strömungsbedingung bzw. den scheinbaren Strömungszustand einzugeben und den korrigierten Strömungsparameter und eine korrigierte Strömungsbedingung auszugeben. Das neuronale Netzwerk kann ein erstes Korrekturmodell, welches für eine Art bzw. einen Typ eines zweiten Sensors und eine Strömungsbedingung eigentümlich ist und welches betätigbar ist, um eine korrigierte Strömungsbedingung auszugeben, und ein zweites Korrekturmodell enthalten, welches für eine Art des scheinbaren Strömungsparameters eigentümlich bzw. besonders ist und welches betätigbar ist, um den korrigierten Strömungsparameter auszugeben, wobei das erste Korrekturmodell betätigbar sein kann, um die scheinbare Strömungsbedingung basierend auf der scheinbaren Strömungsbedingung und dem korrigierten Strömungsparameter zu korrigieren, und das zweite Korrekturmodell betätigbar sein kann, um den scheinbaren Strömungsparameter basierend auf dem scheinbaren Strömungsparameter und der korrigierten Strömungsbedingung zu korrigieren.

[0012] Die Regel- bzw. Steuereinrichtung kann betätigbar sein, um den scheinbaren Strömungsparameter basierend auf einer theoretischen Beziehung bzw. einem theoretischen Zusammenhang zwischen dem scheinbaren Strömungsparameter und dem korrigierten Strömungsparameter zu korrigieren. Die Regel- bzw. Steuereinrichtung kann betätigbar sein, um den scheinbaren Strömungsparameter basierend auf einer empirischen Beziehung zwischen dem scheinbaren Strömungsparameter und dem korrigierten Strömungsparameter zu korrigieren.

[0013] Das System kann eine Leitung enthalten, welche den zweiten Sensor und das vibrierbare Durchflußrohr verbindet, so daß der Fluidstrom durch den zweiten Sensor, die Leitung und das vibrierbare Durchflußrohr strömt bzw. fließt. Die erste Flüssigkeit, die zweite Flüssigkeit und das Gas können miteinander innerhalb des Fluidstroms während einer Bestimmung der Strömungsbedingung bzw. des Strömungszustands durch den zweiten Sensor vermischt sein bzw. werden.

[0014] Gemäß einem anderen allgemeinen Aspekt wird eine scheinbare Volumsdichte bzw. Bulk-dichte eines Mehr-Phasen-Stroms bzw. -Flusses durch ein Durchflußrohr bestimmt, wobei der Mehr-Phasen-Strom eine erste Flüssigkeit, eine zweite Flüssigkeit und ein Gas enthält. Eine scheinbare Bulk- bzw. Volumsmassenströmungsrate bzw. -geschwindigkeit des mehrphasigen bzw. Mehr-Phasen-Stroms wird bestimmt und eine erste Massenströmungsrate der ersten Flüssigkeit wird basierend auf der scheinbaren Volumsdichte und der scheinbaren Volumsmassenströmungsrate bestimmt.

[0015] Implementierungen können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten. Beispielsweise kann eine scheinbare Strömungsbedingung des Mehr-Phasen-Stroms verschieden von der scheinbaren Volumsdichte und der scheinbaren Volumsmassenströmungsrate bestimmt werden, wobei ein Bestimmen der ersten Massenströmungsrate der ersten Flüssigkeit ein Bestimmen der ersten Massenströmungsrate basierend auf der scheinbaren Strömungsbedingung umfaßt. Bei einem Bestimmen der ersten Massenströmungsrate der ersten Flüssigkeit kann eine korrigierte Strömungsbedingung basierend auf der scheinbaren Strömungsbedingung bestimmt werden. Bei einem Bestimmen der korrigierten Strömungsbedingung können eine korrigierte Volumsdichte und eine korrigierte Volumsmassenströmungsrate bestimmt werden.

[0016] Ein Bestimmen der scheinbaren Strömungsbedingung kann ein Bestimmen einer scheinbaren Flüssigkeitsanteilmessung eines Volumsanteils der ersten Flüssigkeit innerhalb des Mehr-Phasen-Stroms und/o-

der ein Bestimmen des scheinbaren Gasleerraumanteils des Gases innerhalb des Mehr-Phasen-Stroms enthalten.

[0017] Ein Bestimmen der ersten Massenströmungsrate der ersten Flüssigkeit kann ein Bestimmen einer korrigierten Bulk- bzw. Volumsdichte basierend auf der scheinbaren Volumsdichte und ein Bestimmen einer korrigierten Bulk- bzw. Volumsmassenströmungsrate basierend auf der scheinbaren Massenströmungsrate beinhalten. Ein Bestimmen der korrigierten Volumsdichte und ein Bestimmen der Volumsmassenströmungsrate kann ein Bestimmen einer korrigierten Strömungsbedingung basierend auf der scheinbaren Strömungsbedingung enthalten.

[0018] Gemäß einem anderen allgemeinen Aspekt enthält ein Durchflußmeßgerät bzw. Flußmeter ein vibrierbares Durchfluß- bzw. Strömungsrohr, welches einen Drei-Phasen-Strom enthält, enthaltend eine erste Flüssigkeit, eine zweite Flüssigkeit und ein Gas, einen Antrieb bzw. Treiber, welcher mit dem Durchflußrohr verbunden ist und betreibbar ist bzw. arbeitet, um eine Bewegung an das Durchflußrohr zu verleihen, einen Sensor, welcher mit dem Durchflußrohr verbunden ist und betätigbar ist bzw. arbeitet, um die Bewegung des Durchflußrohrs zu erfassen und ein Sensorsignal zu generieren bzw. zu erzeugen, und eine Regel- bzw. Steuereinrichtung bzw. einen Controller, welche(r) verbunden bzw. angeschlossen ist, um das Sensorsignal zu empfangen und eine erste Fluß- bzw. Strömungsrate bzw. -geschwindigkeit einer ersten Phase innerhalb eines Drei-Phasen-Stroms durch das Durchflußrohr basierend auf dem Sensorsignal zu bestimmen.

[0019] Gemäß einem anderen allgemeinen Aspekt beinhaltet ein Verfahren zum Verbessern einer Ausgabe eines Durchflußmeßgeräts ein Bestimmen einer scheinbaren Volumsdichte eines Mehr-Phasen-Stroms durch ein Durchflußrohr, wobei der Mehr-Phasen-Strom eine erste Flüssigkeit, eine zweite Flüssigkeit und ein Gas enthält, ein Bestimmen einer scheinbaren Volumsmassenströmungsrate des Mehr-Phasen-Stroms, ein Bestimmen einer scheinbaren Strömungsbedingung des Mehr-Phasen-Stroms, und ein Korrigieren der scheinbaren Volumsdichte oder der scheinbaren Massenströmungsrate basierend auf der scheinbaren Volumsdichte, der scheinbaren Massenströmungsrate und der scheinbaren Strömungsbedingung.

[0020] Gemäß einem anderen allgemeinen Aspekt beinhaltet ein Verfahren zum Verbessern einer Ausgabe eines Flüssiganteils-Testkopfs ein Bestimmen einer scheinbaren Volumsdichte eines Mehr-Phasen-Stroms durch ein Durchflußrohr, wobei der Mehr-Phasen-Strom eine erste Flüssigkeit, eine zweite Flüssigkeit und ein Gas enthält, ein Bestimmen einer scheinbaren Volumsmassenströmungsrate bzw. -geschwindigkeit des Mehr-Phasen-Stroms, ein Bestimmen eines scheinbaren Flüssigkeitsanteils der ersten Flüssigkeit innerhalb des Mehr-Phasen-Stroms, und ein Korrigieren des scheinbaren Flüssigkeitsanteils, um einen korrigierten Flüssigkeitsanteil zu erhalten, basierend auf der scheinbaren Volumsdichte, der scheinbaren Massenströmungsrate und dem scheinbaren Flüssigkeitsanteil.

[0021] Implementierungen können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten. Beispielsweise kann eine Gasleerraumfraktion bzw. ein Gashohlraumanteil des Gases innerhalb des Mehr-Phasen-Stroms basierend auf der scheinbaren Bulk- bzw. Volumsdichte, der scheinbaren Massenströmungsrate und dem korrigierten Flüssigkeitsanteil bestimmt werden.

[0022] Gemäß einem anderen allgemeinen Aspekt enthält ein Verfahren zum Erhalten einer Gasleerraumanteilmessung ein Bestimmen einer scheinbaren Volumsdichte eines Mehr-Phasen-Stroms durch ein Durchflußrohr, wobei der Mehr-Phasen-Strom eine erste Flüssigkeit, eine zweite Flüssigkeit und ein Gas enthält, ein Bestimmen einer scheinbaren Volumsmassenströmungsrate bzw. -geschwindigkeit des Mehr-Phasen-Stroms, ein Bestimmen eines scheinbaren Gasleerraumanteils des Gases innerhalb des Mehr-Phasen-Stroms, und ein Korrigieren des scheinbaren Gasleerraumanteils, um einen korrigierten Gasleerraumanteil zu erhalten, basierend auf der scheinbaren Volumsdichte, der scheinbaren Massenströmungsrate und dem scheinbaren Gasleerraumanteil.

[0023] Implementierungen können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten. Beispielsweise kann ein Flüssigkeitsanteil der ersten Flüssigkeit innerhalb des Mehr-Phasen-Stroms basierend auf der scheinbaren Volumsdichte, der scheinbaren Massenströmungsrate und dem korrigierten Gasleerraumanteil bestimmt werden.

[0024] Gemäß einem anderen allgemeinen Aspekt - enthält ein System eine Leitung, welche einen Fluidstrom dadurch aufweist, wobei der Fluidstrom wenigstens eine erste flüssige Komponente, eine zweite flüssige Komponente und eine Gaskomponente enthält, ein vibrierbares Durchflußrohr in Serie mit der Leitung und welche den Fluidstrom dadurch aufweist, einen ersten Sensor, welcher betätigbar ist bzw. arbeitet, um

eine erste scheinbare bzw. augenscheinliche bzw. auftretende Eigenschaft des Fluidstroms durch die Leitung zu bestimmen, einen zweiten Sensor, welcher mit dem Durchflußrohr verbunden ist und betätigbar ist, um Information über eine Bewegung des Durchflußrohrs zu erfassen, einen Antrieb, welcher mit dem Durchflußrohr verbunden ist und betätigbar ist, um Energie an das Durchflußrohr zu verleihen, ein Regel- bzw. Steuer- und Meßsystem, welches betätigbar ist bzw. arbeitet, um eine zweite scheinbare Eigenschaft und eine dritte scheinbare Eigenschaft des Fluidstroms zu messen, und ein Korrektursystem, welches betätigbar ist, um eine korrigierte erste Eigenschaft, eine korrigierte zweite Eigenschaft und eine korrigierte dritte Eigenschaft basierend auf der ersten scheinbaren Eigenschaft, der zweiten scheinbaren Eigenschaft und der dritten scheinbaren Eigenschaft zu bestimmen.

[0025] Gemäß einem anderen allgemeinen Aspekt enthält ein System eine Regel- bzw. Steuereinrichtung, welche betätigbar ist, um eine erste scheinbare Eigenschaft eines Fluidstroms zu bestimmen, in welchem eine erste Flüssigkeit, eine zweite Flüssigkeit und ein Gas miteinander vermischt sind, ein Meßgerät, welches betätigbar ist, um eine zweite scheinbare Eigenschaft des Fluidstroms zu messen, und ein Korrekturmodul, welches betätigbar ist, um die erste scheinbare Eigenschaft einzugeben und eine erste korrigierte Eigenschaft auszugeben, wobei das Meßgerät betätigbar ist, um die erste korrigierte Eigenschaft und die zweite scheinbare Eigenschaft einzugeben und eine zweite korrigierte Eigenschaft auszugeben.

[0026] Die Details von einer oder mehreren Implementierung(en) werden in den begleitenden Zeichnungen und der Beschreibung unten ausgeführt. Andere Merkmale bzw. Eigenschaften werden aus der Beschreibung und den Zeichnungen und aus den Ansprüchen ersichtlich sein.

Figurenliste

Fig. 1A ist eine Illustration eines Coriolis-Durchflußmeßgeräts unter Verwendung eines gebogenen Strömungs- bzw. Durchflußrohrs.

Fig. 1B ist eine Illustration eines Coriolis-Durchflußmeßgeräts unter Verwendung eines geraden Durchflußrohrs.

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm eines Coriolis-Durchflußmeßgeräts.

Fig. 3 ist ein Flußdiagramm, welches einen Betrieb des Coriolis-Durchflußmeßgeräts von **Fig. 2** illustriert.

Fig. 4 ist ein Flußdiagramm, welches Techniken zum Bestimmen von Flüssigkeits- und Gasströmungsraten bzw. -geschwindigkeiten für einen Zwei-Phasen-Fluß bzw. -Strom illustriert.

Fig. 5A und **Fig. 5B** sind Graphen, welche jeweils einen prozentuellen Fehler in einer Messung eines Leer- bzw. Hohlraumanteils und eines flüssigen bzw. Flüssigkeitsanteils illustrieren.

Fig. 6 ist ein Graph, welcher einen Massenstromfehler als eine Funktion eines Abfalls in einer Dichte für ein Durchflußrohr, welches eine bestimmte Orientierung aufweist, und über einen ausgewählten Strömungsbereich illustriert.

Fig. 7 ist ein Flußdiagramm, welches Techniken zum Korrigieren von Dichtemessungen illustriert.

Fig. 8 ist eine Tabelle, welche einen Zusammenhang bzw. eine Beziehung zwischen einem scheinbaren Dichteabfall und einer scheinbaren Massenströmungsrates des Zwei-Phasen-Stroms zeigt.

Fig. 9 ist ein Flußdiagramm, welches Techniken zum Bestimmen von Hohlraumanteils- bzw. -fraktionsmessungen illustriert.

Fig. 10 ist ein Flußdiagramm, welches Techniken zum Bestimmen von korrigierten Massenströmungsratenmessungen illustriert.

Fig. 11 ist eine Tabelle, welche einen Zusammenhang zwischen einer scheinbaren Massenströmungsrates und einem korrigierten Dichteabfall des Zwei-Phasen-Stroms zeigt.

Fig. 12-14 sind Graphen, welche Beispiele von Dichtekorrekturen für eine Anzahl von Durchflußrohren illustrieren.

Fig. 15-20 sind Graphen, welche Beispiele von Massenströmungsratenkorrekturen für eine Anzahl von Durchflußrohren illustrieren.

Fig. 21 ist ein Blockdiagramm eines Durchflußmeßgerätsystems.

Fig. 22 ist ein Diagramm einer ersten Implementierung des Systems von **Fig. 21**.

Fig. 23 ist ein Blockdiagramm einer zweiten Implementierung des Systems von **Fig. 21**.

Fig. 24 ist ein Blockdiagramm einer Implementierung des Korrektursystems 2108 von **Fig. 21-23**.

Fig. 25 ist ein Flußdiagramm, welches einen ersten Betrieb der Durchflußmeßgeräte von **Fig. 21-23** illustriert.

Fig. 26 ist ein Flußdiagramm, welches ein erstes Beispiel der Techniken von **Fig. 25** illustriert.

Fig. 27 ist ein Flußdiagramm, welches ein zweites Beispiel der Techniken von **Fig. 25** illustriert.

Fig. 28 ist ein Flußdiagramm, welches ein drittes Beispiel der Techniken von **Fig. 25** illustriert.

Fig. 29 ist ein Flußdiagramm, welches Techniken zum Bestimmen von Komponentenströmungsraten bzw. -geschwindigkeiten für einen Drei-Phasen-Strom bzw. -Fluß illustriert.

Fig. 30 ist ein Flußdiagramm, welches spezifischere Techniken zum Durchführen der Bestimmungen von **Fig. 29** illustriert.

Fig. 31A-31D sind Graphen, welche eine Korrektur einer Massenströmungsrates einer Zwei-Phasen-Flüssigkeit in einem Drei-Phasen-Strom illustrieren.

Fig. 32 ist ein Graph, welcher einen Massenströmungsfehler als eine Funktion einer Massenströmungsrates für Öl und Wasser zeigt.

Fig. 33 ist ein Graph, welcher einen Gashohlraumanteilsfehler als eine Funktion eines wahren bzw. tatsächlichen Gashohlraumanteils zeigt.

Fig. 34 ist eine graphische Darstellung eines neuronalen Netzwerkmodells.

Fig. 35 ist eine graphische Darstellung von Einheiten des Modells von **Fig. 34**.

Fig. 36A, Fig. 36B und **Fig. 37A-D** illustrieren Resultate aus den Zwei-Phasen-Stromdaten, an welchen das Modell aus **Fig. 34** und **Fig. 35** angewandt ist bzw. wird.

Fig. 38-68 sind Graphen, welche Test- und/oder Modellierresultate von verschiedenen Implementierungen, welche oben unter Bezugnahme auf **Fig. 1-37** beschrieben sind, oder zugehörigen Implementierungen illustrieren.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0027] Typen bzw. Arten von Durchflußmeßgeräten beinhalten digitale Durchflußmeßgeräte. Beispielsweise offenbart U.S. Patent US 6 311 136 B1 welches hierdurch durch Bezugnahme aufgenommen ist, die Verwendung eines digitalen Durchflußmeßgeräts und zugehöriger Technologie, beinhaltend Signalverarbeitungs- und Meßtechniken. Derartige digitale Durchflußmeßgeräte können sehr präzise in ihren Messungen mit geringem oder vernachlässigbarem Rauschen sein, und können fähig sein, einen weiten Bereich von positiven und negativen Verstärkungen an der Treiber- bzw. Antriebsschaltung zum Antreiben der Leitung zu ermöglichen. Derartige digitale Durchflußmeßgeräte sind somit vorteilhaft in einer Vielzahl von Anordnungen. Beispielsweise offenbart das ebenfalls übertragene U.S. Patent US 6 505 519 B2 welches durch Bezugnahme aufgenommen ist, die Verwendung eines weiten Verstärkungsbereichs und/oder die Verwendung einer negativen Verstärkung, um ein Blockieren zu verhindern und um genauer eine Regelung bzw. Steuerung des Durchflußrohrs selbst während schwieriger Bedingungen, wie beispielsweise einem Zwei-Phasen-Fluß bzw. -Strom auszuüben (beispielsweise einem Fluß bzw. Strom, welcher eine Mischung von Flüssigkeit und Gas enthält).

[0028] Obwohl digitale Durchflußmeßgeräte spezifisch unten unter Bezugnahme beispielsweise auf **Fig. 1** und **Fig. 2** diskutiert sind bzw. werden, sollte verstanden werden, daß analoge Durchflußmeßgeräte auch existieren. Obwohl derartige analoge Durchflußmeßgeräte anfällig für typische Nachteile einer analogen Schaltung sein können, beispielsweise Messungen bei geringer Präzision und hohem Rauschen im Vergleich zu digitalen Durchflußmeßgeräten, können sie auch mit verschiedenen Techniken und Implementierungen kompatibel sein, welche hierin diskutiert sind bzw. werden. Somit wird in der nachfolgenden Diskussion der Ausdruck „Durchflußmeßgerät“ oder „Meßgerät“ verwendet, um sich auf jegliche Art bzw. jeglichen Typ einer Vorrichtung und/oder ein System zu beziehen, in welchem ein Coriolis-Durchflußmeßgerätsystem verschiedene Regel- bzw. Steuersysteme und zugehörige Elemente verwendet, um einen Massenstrom bzw. -fluß, eine Dichte und/oder andere Parameter eines Materials bzw. von Materialien zu messen, welche(s) sich durch ein Durchflußrohr oder eine andere Leitung bewegt (bewegen).

[0029] Fig. 1A ist eine Illustration eines digitalen Durchflußmeßgeräts unter Verwendung eines gebogenen Strömungs- bzw. Durchflußrohrs 102. Spezifisch kann das gebogene Durchflußrohr 102 verwendet werden, um ein oder mehrere physikalische(s) Merkmal(e) von beispielsweise einem (sich bewegenden) Fluid zu messen, wie dies oben bezeichnet ist. In **Fig. 1A** tauscht ein digitaler Transmitter 104 Sensor- und Antriebsignale mit dem gebogenen Durchflußrohr 102 aus, um sowohl eine Oszillation des gebogenen Durchflußrohrs 102 zu erfassen als auch die Oszillation des gebogenen Durchflußrohrs 102 dementsprechend anzutreiben. Durch ein rasches und genaues Bestimmen der Sensor- und Antriebssignale stellt der digitale Transmitter 104, auf welchen oben Bezug genommen wird, einen schnellen und genauen Betrieb des gebogenen Durchflußrohrs 102 zur Verfügung. Beispiele des digitalen Transmitters 104, welcher mit einem gebogenen Durchflußrohr verwendet wird, sind beispielsweise in dem ebenso übertragenen U.S. Patent US 6 311 136 B1 zur Verfügung gestellt.

[0030] Fig. 1B ist eine Illustration eines digitalen Durchflußmeßgeräts unter Verwendung eines geraden Durchflußrohrs 106. Spezifischer wirkt in **Fig. 1B** das gerade Durchflußrohr 106 mit dem digitalen Transmitter 104 zusammen. Ein derartiges gerades Durchflußrohr arbeitet in ähnlicher Weise wie das gebogene Durchflußrohr 102 auf einem Konzeptniveau, und hat verschiedene Vorteile/Nachteile gegenüber dem gebogenen Durchflußrohr 102. Beispielsweise kann das gerade Durchflußrohr 106 einfach aufgrund der Geometrie seiner Konstruktion leichter (vollständig) zu füllen und zu entleeren sein als das gebogene Durchflußrohr 102. Im Betrieb kann das gebogene Durchflußrohr 102 bei einer Frequenz von beispielsweise 50-110 Hz arbeiten, während das gerade Durchflußrohr 106 bei einer Frequenz von beispielsweise 300-1000 Hz arbeiten kann. Das gebogene Durchflußrohr 102 repräsentiert Durchflußrohre, welche eine Vielzahl von Durchmessern aufweisen, und kann in mehreren Orientierungen bzw. Ausrichtungen, wie beispielsweise in einer vertikalen oder horizontalen Orientierung betrieben bzw. betätigt werden.

[0031] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beinhaltet ein digitales Massendurchflußmeßgerät 200 den digitalen Transmitter 104, einen oder mehrere Bewegungssensor(en) 205, einen oder mehrere Antrieb(e) 210, ein Durchflußrohr 215 (welches auch als eine Leitung bezeichnet werden kann, und welches entweder das gebogene Durchflußrohr 102, das gerade Durchflußrohr 106 oder eine gewisse andere Art eines Durchflußrohrs präsentieren kann), und einen Temperatursensor 220. Der digitale Transmitter 104 kann unter Verwendung von einem oder mehreren, beispielsweise einem digitalen Signalprozessor (DSP), einem Feld-programmierbaren Gate-Array (FPGA), einem ASIC, anderen programmierbaren Logik- oder Gate-Arrays oder einer programmierbaren Logik mit einem Prozessorkern implementiert sein bzw. werden. Es sollte verstanden werden, daß, wie in 6,311,136 beschrieben, zugehörige bzw. assoziierte Digital/Analog-Wandler bzw. -Konverter für einen Betrieb der Treiber bzw. Antriebe 210 aufgenommen sein können, während Analog/Digital-Wandler verwendet werden können, um Sensorsignale von den Sensoren 205 für eine Verwendung durch den digitalen Transmitter 104 umzuwandeln bzw. konvertieren.

[0032] Der digitale Transmitter 104 generiert bzw. erzeugt eine Messung von beispielsweise einer Dichte und/oder einem Massenstrom eines Materials, welches durch das Durchflußrohr 215 fließt bzw. strömt, basierend wenigstens auf Signalen, welche von den Bewegungssensoren 205 empfangen bzw. erhalten werden. Der digitale Transmitter 104 regelt bzw. steuert auch die Antriebe 210, um eine Bewegung in dem Durchflußrohr 215 zu induzieren. Diese Bewegung wird durch die Bewegungssensoren 205 erfaßt.

[0033] Dichtemessungen des Materials, welches durch das Durchflußrohr strömt, werden beispielsweise mit der Frequenz der Bewegung des Durchflußrohrs 215, welche in dem Durchflußrohr 215 durch eine antreibende bzw. Antriebskraft induziert wird, welche durch die Antriebe 210 zugeführt wird, und/oder der Temperatur des Durchflußrohrs 215 in bezug gesetzt. In ähnlicher Weise ist bzw. wird ein Massenstrom bzw. -fluß durch das Durchflußrohr 215 mit der Phase und der Frequenz der Bewegung des Durchflußrohrs 215 als auch der Temperatur des Durchflußrohrs 215 in bezug gesetzt.

[0034] Die Temperatur in dem Durchflußrohr 215, welche unter Verwendung des Temperatursensors 220 gemessen wird, beeinflusst gewisse Eigenschaften des Durchflußrohrs, wie beispielsweise seine Steifigkeit und Abmessungen. Der digitale Transmitter 104 kann diese Temperatureffekte kompensieren. Auch befindet sich in **Fig. 2** ein Drucksensor 225 in Kommunikation bzw. Verbindung mit dem Transmitter 104 und ist mit dem Durchflußrohr 215 verbunden, um betätigbar bzw. betreibbar zu sein, um einen Druck eines Materials zu erfassen, welches durch das Durchflußrohr 215 strömt.

[0035] Es sollte verstanden werden, daß sowohl der Druck des Fluids, welches in das Durchflußrohr 215 eintritt, als auch der Druckabfall über relevante bzw. entsprechende Punkte an dem Durchflußrohr Anzeigen bzw. Indikatoren von gewissen Strömungs- bzw. Flußbedingungen sein können. Darüber hinaus können,

während externe Temperatursensoren verwendet werden können, um die Fluidtemperatur zu messen, derartige Sensoren zusätzlich zu einem internen Durchflußmeßgerätsensor verwendet werden, welcher ausgebildet bzw. entworfen ist, um eine repräsentative Temperatur für Durchflußrohrkalibrierungen bzw. -eichungen zu messen. Darüber hinaus verwenden einige Durchflußrohre mehrfache bzw. mehrere Temperatursensoren für den Zweck eines Korrigierens von Messungen für einen Effekt einer unterschiedlichen Temperatur zwischen dem Prozeßfluid und der Umgebung (beispielsweise eine Ummantelungstemperatur eines Gehäuses des Strömungsrohrs). Wie unten in größerem Detail diskutiert, ist eine potentielle Verwendung für die Einlaßfluidtemperatur- und -druckmessungen, die tatsächlichen bzw. aktuellen Dichten einer Flüssigkeit und eines Gases in einem Zwei-Phasen-Strom basierend auf vordefinierten Formeln zu berechnen.

[0036] Ein Flüssigkeitsanteil-Testkopf 230 bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Messen eines Volumensanteils bzw. einer Volumsfraktion einer Flüssigkeit, beispielsweise Wasser, wenn eine Flüssigkeit in dem Durchflußrohr 215 Wasser und ein anderes Fluid, wie beispielsweise Öl enthält. Selbstverständlich kann ein derartiger Meß- bzw. Testkopf oder können ähnliche Testköpfe verwendet werden, um den Volumensanteil eines Fluids verschieden von Wasser zu messen, wenn eine derartige Messung bevorzugt ist oder wenn die Flüssigkeit nicht Wasser enthält. In der nachfolgenden Beschreibung wird von einer gemessenen Flüssigkeit für die Zwecke eines Beispiels allgemein angenommen, daß sie Wasser ist, so daß der Flüssigkeitsanteil-Testkopf 230 allgemein als ein Wasseranteil-Testkopf 230 oder ein Watercut-Testkopf 230 bezeichnet wird.

[0037] Ein Leerraum- bzw. Hohlraumanteils-Sensor 235 mißt einen Prozentsatz eines Materials in dem Durchflußrohr 215, welches sich in gasförmiger Form befindet. Beispielsweise kann Wasser, welches durch das Durchflußrohr 215 fließt bzw. strömt, Luft, möglicherweise in der Form von Blasen enthalten. Ein derartiger Zustand, in welchem das Material, welches durch das Durchflußrohr 215 fließt, mehr als ein Material enthält, wird allgemein als ein „Zwei-Phasen-Fluß bzw. -Strom“ bezeichnet. Insbesondere kann sich der Ausdruck „Zwei-Phasen-Strom“ auf eine Flüssigkeit und ein Gas beziehen; jedoch kann sich ein „Zwei-Phasen-Strom“ auch auf andere Kombinationen von Materialien, wie beispielsweise zwei Flüssigkeiten (beispielsweise Öl und Wasser) beziehen.

[0038] Verschiedene Techniken, welche allgemein in **Fig. 2** durch den Hohlraumanteils-Sensor 235 dargestellt sind, existieren für ein Messen des Gashohlraumanteils in einem Zwei-Phasen-Strom von Flüssigkeit und Gas. Beispielsweise existieren verschiedene Sensoren oder Testköpfe, welche in den Strom eingesetzt werden können, um einen Gashohlraumanteil zu bestimmen. Als ein anderes Beispiel kann ein Venturi-Rohr (d.h. ein Rohr mit einem beschränkten Durchtritt, welches Fluiddrücke und -geschwindigkeiten durch eine Messung von Differentialdrücken bestimmt, welche an der Drossel bzw. Einengung erzeugt sind bzw. werden, wenn ein Fluid das Rohr durchdringt), welches auf der Tatsache beruht, daß sich Gas allgemein mit einer höheren Geschwindigkeit als (eine) Flüssigkeit(en) durch eine Beschränkung bewegt, verwendet werden, um einen Druckgradienten zu bestimmen und dadurch eine Bestimmung des Gashohlraumanteils zu erlauben. Messungen von Gashohlraumanteilen können auch unter Verwendung einer Ausrüstung erhalten werden, welche sich vollständig außerhalb des Durchflußrohrs befindet. Beispielsweise können Sonarmessungen genommen werden, um einen Gashohlraumanteil zu bestimmen. Als ein spezifisches Beispiel eines derartigen auf Sonar basierenden Systems kann das SONARtrac™ Gashohlraumanteils-Überwachungssystem, welches durch CiDRA Corporation von Wallingford, Connecticut erzeugt wird, verwendet werden.

[0039] In dieser Beschreibung wird eine Menge an Gas in einem strömenden Fluid, welche durch den Hohlraumanteilsensor oder anderweitig gemessen wurde, als ein Hohlraumanteil oder α bezeichnet, und ist bzw. wird als $\alpha = \text{Gasvolumen}/\text{Gesamtvolumen} = \text{Gasvolumen}/(\text{Flüssigkeitsvolumen} + \text{Gasvolumen})$ definiert. Dementsprechend ist eine Menge, welche hierin als der flüssige bzw. Flüssigkeitsanteil bezeichnet wird, als $1 - \alpha$ definiert.

[0040] In vielen Anwendungen, wo Massenstrommessungen erforderlich sind, kann der Hohlraumanteil des Stroms bzw. Flusses so hoch wie 20, 30, 40 % oder mehr betragen. Selbst bei sehr geringen Hohlraumanteilen von 0,5 % wird jedoch die fundamentale Theorie hinter den Coriolis-Durchflußmeßgeräten weniger anwendbar.

[0041] Darüber hinaus kann ein Vorhandensein bzw. eine Anwesenheit von Gas in dem Fluidstrom auch sowohl einen aktuellen bzw. tatsächlichen als auch einen gemessenen Wert einer Dichte des Fluidstroms beeinflussen, wobei dies allgemein bewirkt, daß die Dichtemessung geringer ist oder ausgelesen wird, als wenn der Fluidstrom nur die flüssige bzw. Flüssigkeitskomponente enthielte. D.h., es sollte verstanden werden, daß eine Dichte ρ_{liquid} einer Flüssigkeit, welche durch sich selbst durch ein Durchflußrohr fließt bzw. strömt, höher als eine tatsächliche bzw. aktuelle Dichte ρ_{true} eines Zwei-Phasen-Stroms sein wird, welcher

die Flüssigkeit und ein Gas enthält, da eine Dichte des Gases (beispielsweise Luft) allgemein niedriger sein wird als eine Dichte der Flüssigkeit (beispielsweise Wasser) in dem Zwei-Phasen-Strom. Mit anderen Worten gibt es eine Dichtereduktion, wenn Gas zu einem flüssigen bzw. Flüssigkeitsstrom hinzugefügt wird, welcher vorher nur die Flüssigkeit enthielt.

[0042] Über dieses physikalische Phänomen hinausgehend kann ein Coriolis-Meßgerät, welches einen Zwei-Phasen-Fluidstrom mißt, welcher Gas enthält, eine Dichteablesung ρ_{apparent} ausgeben, welche offensichtliche Messung der Gesamt- bzw. Bulk- bzw. Volumsdichte des Zwei-Phasen-Flusses (beispielsweise von Wasser und Luft kombiniert) ist. Diese Rohmessung ρ_{apparent} wird allgemein verschieden (niedriger) als die tatsächliche bzw. aktuelle Bulk- bzw. Volumsdichte ρ_{true} des Zwei-Phasen-Flusses sein. Beispielsweise kann die Resonanzfrequenz, welche durch das Durchflußmeßgerät verwendet wird, korrekt für eine Situation sein, in welcher nur die flüssige Komponente vorhanden ist, wobei jedoch auf einer relativen Bewegung des Gases in dem Fluidstrom, welcher dazu dient, eine Trägheit des Durchflußrohrs zu verbergen (d.h. ein Ausmaß einer Trägheit bewirkt, um niedriger zu sein, als sie für einen lediglich Flüssigkeitsstrom erwartet würde), die Dichtemessungen gering bzw. niedrig abgelesen werden bzw. ausfallen. Es sollte verstanden werden, daß viele konventionelle Durchflußmeßgeräte gemäß dem Stand der Technik sich nicht mit diesem Problem befaßten, da die meisten derartigen Coriolis-Meßgeräte eine Fortsetzung versagen, einen Betrieb selbst bei den geringsten Mengen eines Hohlraumanteils fortzusetzen (beispielsweise Anhalten bzw. Blockieren oder ungenaue Messungen).

[0043] U.S. Patent Nr. US 6 505 519 B2 welches durch Bezugnahme oben aufgenommen ist, offenbart, daß eine derartige Variation bzw. Änderung von ρ_{apparent} (d. h. eine angezeigte Volumsdichteauslesung eines Zwei-Phasen-Stroms, welche durch ein Coriolis-Durchflußmeßgerät ausgegeben wird) von ρ_{true} (d.h. einer tatsächlichen Volums- bzw. Bulkdichte des Zwei-Phasen-Stroms) durch eine Vielzahl von Techniken charakterisiert sein bzw. werden kann. Als ein Resultat kann ein gemessenes ρ_{apparent} korrigiert werden, um eine tatsächliche Volumsdichte $\rho_{\text{corrected}}$ zu erhalten, welche wenigstens ungefähr gleich ρ_{true} ist.

[0044] In etwas ähnlicher Weise kann eine angezeigte Bulk- bzw. Volumsmassenströmungsrate MF_{apparent} (d.h. eine Massenströmungsrate bzw. -geschwindigkeit des gesamten Zwei-Phasen-Stroms), welche durch ein Coriolis-Durchflußmeßgerät gemessen wird, um eine vorhersagbare oder charakterisierbare Größe von einer tatsächlichen Volumsmassenströmungsrate MF_{true} verschieden sein. Es sollte verstanden werden, daß Korrekturtechniken für eine korrigierte Volumsmassenströmungsrate MF_{true} verschieden von den Techniken zum Korrigieren der Dichte sein kann. Beispielsweise sind bzw. werden verschiedene Techniken zum Korrigieren eines gemessenen MF_{apparent} , um ein tatsächliches MF_{true} (oder wenigstens ein $MF_{\text{corrected}}$) zu erhalten, im U.S. Patent US 6 505 519 B2 diskutiert.

[0045] Beispiele von detaillierten Techniken zum Korrigieren von ρ_{apparent} und MF_{apparent} sind bzw. werden in größerem Detail unten diskutiert. Allgemein gesprochen ist jedoch unter Bezugnahme auf **Fig. 2** der digitale Transmitter gezeigt, daß er ein Dichtekorrekturensystem 240, welches einen Zugriff auf eine Dichtekorrekturensystemdatenbank 245 aufweist, und ein Massenströmungsrate-Korrektursystem 250 enthält, welches einen Zugriff auf eine Massenstromkorrekturdatenbank 255 aufweist. Wie nachfolgend in größerem Detail diskutiert, können die Datenbanken 245 und 255 beispielsweise Korrekturalgorithmen, welche theoretisch abgeleitet oder empirisch erhalten wurden, und/oder Korrektortabellen enthalten, welche korrigierte Dichte- oder Massenstromwerte für einen gegebenen Satz von eingegebenen bzw. Eingabeparametern zur Verfügung stellen. Die Datenbanken 245 und 255 können auch eine Vielzahl von anderen Typen bzw. Arten von Information speichern, welche beim Durchführen der Dichte- oder Massenstromkorrekturen nützlich bzw. verwendbar sein können. Beispielsweise kann die Dichtekorrekturensystemdatenbank eine Anzahl von Dichten ρ_{liquid} entsprechend gewissen bzw. bestimmten Flüssigkeiten (beispielsweise Wasser oder Öl) speichern.

[0046] Darüber hinaus ist in **Fig. 2** ein Hohlraumanteils-Bestimmungs/Korrektursystem 260 betreibbar, um einen Hohlraumanteil eines Zwei-Phasen-Stroms zu bestimmen, welcher eine Flüssigkeit und ein Gas enthält. In einer Implementierung kann beispielsweise das Hohlraumanteils-Bestimmungs/Korrektursystem 260 einen tatsächlichen bzw. aktuellen Hohlraumanteil α_{true} aus der korrigierten Dichte $\rho_{\text{corrected}}$ bestimmen. In einer anderen Implementierung kann das Hohlraumanteils-Bestimmungs/Korrektursystem 260 eine scheinbare oder angezeigte Hohlraumanteilmessung eingeben, welche durch den Hohlraumanteilssensor 235 erhalten wurde, und kann diese Messung basierend auf einer Fehlercharakterisierung ähnlich zu den Dichte- und Massenstromtechniken korrigieren, auf welche oben Bezug genommen wurde. In einer anderen Implementierung kann der Hohlraumanteilssensor 235 betreibbar bzw. betätigbar sein, um direkt einen aktuellen bzw. tatsächlichen Hohlraumanteil α_{true} zu messen, in welchem Fall das Hohlraumanteils-Bestimmungs/Korrektursystem 260 einfach diese Messung eingibt.

[0047] Sobald die Faktoren von $\rho_{\text{corrected}}$, $MF_{\text{corrected}}$ und $\alpha_{\text{corrected}}$ bestimmt wurden, und möglicherweise im Zusammenhang mit anderen bekannten oder entdeckbaren Mengen, ein Strömungskomponenten-Massenstromraten-Bestimmungssystem 265 arbeitet, um gleichzeitig eine Massenstromrate bzw. -geschwindigkeit für die Flüssigkeitsphasenkomponente und eine Massenstromrate für die Gasphasenkomponente zu bestimmen. D.h., der Transmitter 104 ist betätigbar bzw. arbeitet, um individuelle Strömungs- bzw. Flußraten MF_{liquid} und MF_{gas} der Strömungskomponenten zu bestimmen, im Gegensatz zu einem lediglichen Bestimmen der Gesamt- bzw. Volumsstromrate des kombinierten oder gesamten Zwei-Phasen-Stroms MF_{true} . Obwohl, wie unmittelbar darauf Bezug genommen wurde, derartige Messungen gleichzeitig bestimmt und/oder ausgegeben werden können, können sie auch getrennt oder unabhängig voneinander bestimmt werden.

[0048] Sobald die Komponentenstromraten MF_{liquid} und MF_{gas} in der oben allgemein dargelegten Weise bestimmt wurden, können diese ursprünglichen bzw. Eingangsbestimmungen durch einen Prozeß bzw. ein Verfahren verbessert werden, welcher (s) sich auf Oberflächengeschwindigkeiten der Strömungskomponenten, Schlupfgeschwindigkeiten zwischen den Komponenten und/oder ein identifiziertes Strömungsregime des Flusses bezieht. Auf diese Weise können verbesserte Werte für Strömungsraten MF_{liquid} und MF_{gas} erhalten werden, oder können über die Zeit erhalten werden, wenn sich diese Strömungsraten ändern.

[0049] Oberflächliche bzw. Oberflächengeschwindigkeiten werden hierin als derartige Geschwindigkeiten bezeichnet, welche existieren würden, wenn dieselbe Massenstromrate einer gegebenen Phase sich als eine einzige bzw. einzelne Phase durch das Durchflußrohr 215 bewegen würde. Ein Oberflächengeschwindigkeits-Bestimmungs/Korrektursystem 270 ist in dem Transmitter 104 enthalten, um beispielsweise eine scheinbare bzw. augenscheinliche oder korrigierte Oberflächengeschwindigkeit eines Gases oder einer Flüssigkeit in dem Zwei-Phasen-Strom zu bestimmen.

[0050] Schlupf- bzw. Rutschgeschwindigkeiten beziehen sich auf einen Umstand, in welchem Gas- und Flüssigkeitsphasen in einem Zwei-Phasen-Strom unterschiedliche durchschnittliche bzw. mittlere Geschwindigkeiten aufweisen. D.h. eine durchschnittliche Geschwindigkeit eines Gases AV_{gas} ist unterschiedlich von einer durchschnittlichen Geschwindigkeit einer Flüssigkeit AV_{liquid} . Derart kann ein Phasenschlupf S definiert sein bzw. werden als $S = AV_{\text{gas}}/AV_{\text{liquid}}$.

[0051] Ein Strömungsregime bzw. -betriebszustand ist ein Ausdruck, welcher sich auf eine Charakterisierung der Art bezieht, in welcher die zwei Phasen durch das Durchflußrohr 215 in bezug aufeinander oder relativ zueinander und/oder das Durchflußrohr 215 fließen bzw. strömen, und kann wenigstens teilweise in Termen der Oberflächengeschwindigkeiten ausgedrückt werden, welche unmittelbar bestimmt wurden. Beispielsweise ist ein Strömungsregime als das „Blasenregime“ bekannt, in welchem Gas als Blasen in bzw. innerhalb einer Flüssigkeit mitgenommen bzw. mitgerissen wird. Als ein anderes Beispiel bezieht sich das „Pfropfenregime“ auf eine Serie von flüssigen „Stopfen“ oder „Pfropfen“, welche durch relativ große Gastaschen bzw. -ansammlungen getrennt sind. Beispielsweise kann in einem vertikalen Strom bzw. Fluß das Gas in einem Pfropfen-Strömungsregime nahezu eine gesamte Querschnittsfläche des Durchflußrohrs 215 einnehmen, so daß der resultierende Strom sich zwischen einer Zusammensetzung hoher Flüssigkeit und hohem Gas abwechselt. Von anderen Strömungsregimen ist bekannt, daß sie existieren und bestimmte definierte Charakteristika bzw. Merkmale aufweisen, beinhaltend beispielsweise das ringförmige bzw. kreisförmige Strömungsregime, das verteilte Strömungsregime und Schaum-Strömungsregime, und andere.

[0052] Von der Existenz eines bestimmten Strömungsregimes ist bekannt, daß es durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird, beinhaltend beispielsweise einen Gashohlraumanteil in dem Fluidstrom, eine Orientierung des Durchflußrohrs 215 (beispielsweise vertikal oder horizontal), einen Durchmesser des Durchflußrohrs 215, die Materialien, welche innerhalb des Zwei-Phasen-Stroms enthalten sind, und die Geschwindigkeiten (und relativen Geschwindigkeiten) der Materialien innerhalb des Zwei-Phasen-Stroms. Abhängig von diesen und anderen Faktoren kann ein spezieller bzw. bestimmter Fluidstrom zwischen verschiedenen Strömungsregimen über eine gegebene Zeitperiode übergehen bzw. überwechseln. Eine Information über einen Phasenschlupf kann wenigstens teilweise aus einer Kenntnis des Strömungsregimes bestimmt werden. Beispielsweise kann in dem Blasen-Strömungsregime unter der Annahme, daß die Blasen einheitlich verteilt sind, eine geringe relative Bewegung zwischen den Phasen vorliegen. Wo sich die Blasen sammeln und kombinieren, um eine weniger einheitliche Verteilung der Gasphase auszubilden, kann ein gewisses Schlupfen zwischen den Phasen auftreten, wobei das Gas dazu tendiert, durch die flüssige Phase zu schneiden bzw. diese zu unterbrechen.

[0053] In Fig. 2 ist ein Strömungsregime-Bestimmungssystem 275 beinhaltet, welches einen Zugriff auf eine Datenbank 280 von Strömungsregimekarten aufweist. Auf diese Weise kann eine Information über ein exist-

tierendes Strömungsregime, beinhaltend Phasenschlupfinformation erhalten, gespeichert und darauf für eine Verwendung bei einem gleichzeitigen Bestimmen von Flüssigkeits- und Gasmassenströmungsraten innerhalb eines Zwei-Phasen-Stroms zugegriffen werden.

[0054] In **Fig. 2** sollte verstanden werden, daß die verschiedenen Komponenten des digitalen Transmitters 104 in Kommunikation bzw. Verbindung miteinander sind, obwohl Kommunikationsverbindungen nicht explizit der Klarheit halber illustriert sind. Weiterhin sollte verstanden werden, daß konventionelle Komponenten des digitalen Transmitters 104 nicht in **Fig. 2** illustriert sind, sondern daß davon angenommen wird, daß sie innerhalb des digitalen Transmitters 104 existieren oder auf diese zugreifbar ist. Beispielsweise wird der digitale Transmitter 104 typischerweise (Volums-) Dichte- und Massenflußratenmeßsysteme aufweisen, als auch eine Antriebsschaltung zum Antreiben bzw. Treiben des Antriebs bzw. Treibers 210.

[0055] **Fig. 3** ist ein Flußdiagramm 300, welches eine Betätigung bzw. einen Betrieb des Coriolis-Durchflußmeßgeräts 200 von **Fig. 2** illustriert. Spezifisch illustriert **Fig. 3** Techniken, durch welche das Durchflußmeßgerät 200 von **Fig. 2** betätigbar bzw. betreibbar ist, um gleichzeitig Flüssigkeits- und Gasströmungsraten MF_{liquid} und MF_{gas} für einen Zwei-Phasen-Strom zu bestimmen.

[0056] In **Fig. 3** wird bestimmt, daß ein Gas/Flüssigkeits-Zwei-Phasen-Strom in dem Durchflußrohr 215 existiert (302). Dies kann beispielsweise durch einen Betreiber bzw. Betätiger während einer Konfiguration des Massendurchflußmeßgeräts/Densitometers für einen Gas/Flüssigkeitsstrom durchgeführt werden. Als ein anderes Beispiel kann diese Bestimmung automatisch unter Verwendung eines Merkmals des Coriolis-Meßgeräts durchgeführt werden, um zu detektieren, daß eine Bedingung bzw. ein Zustand eines zweiphasigen bzw. Zwei-Phasen-Gas-Flüssigkeits-Stroms existiert. In dem letzteren Fall werden derartige Techniken in größerem Detail beispielsweise in U.S. Patent US 6 311 136 B1 und U.S. Patent US 6 505 519 B2 beschrieben, welche oben durch Bezugnahme aufgenommen wurden.

[0057] Sobald die Existenz des Zwei-Phasen-Stroms aufgebaut ist, wird eine korrigierte Bulk- bzw. Volumsdichte $\rho_{corrected}$ durch das Dichtekorrektursystem 240 unter Verwendung der Dichtekorrekturdatenbasis 245 des Transmitters 104 aufgebaut (304). D.h. eine angezeigte Dichte $\rho_{apparent}$ wird korrigiert, um $\rho_{corrected}$ zu erhalten. Techniken zum Durchführen dieser Korrektur werden in größerem Detail unten diskutiert.

[0058] Sobald $\rho_{corrected}$ bestimmt ist, kann ein korrigierter Gashohlraumanteil $\alpha_{corrected}$ durch das Hohlraumanteils-Bestimmungs/Korrektursystem 260 bestimmt werden (306). Es wird auch eine korrigierte Volumsmassenströmungsratenrate $MF_{corrected}$ durch das Massenströmungsraten-Korrektursystem 250 bestimmt (308). Wie bei der Dichte werden Techniken zum Erhalten des korrigierten Hohlraumanteils α_{true} und der Massenströmungsratenrate $MF_{corrected}$ in größerem Detail unten diskutiert.

[0059] In **Fig. 3** sollte aus dem Flußdiagramm 300 verstanden werden, daß die Bestimmungen von $\rho_{corrected}$, $\alpha_{corrected}$ und $MF_{corrected}$ in einer Anzahl von Sequenzen bzw. Folgen auftreten können. Beispielsweise wird in einer Implementierung der korrigierte Hohlraumanteil $\alpha_{corrected}$ basierend auf einer vorher berechneten korrigierten Dichte $\rho_{corrected}$ bestimmt, worauf die korrigierte Massenströmungsratenrate $MF_{corrected}$ basierend auf $\alpha_{corrected}$ bestimmt wird. In einer anderen Implementierung können $\alpha_{corrected}$ und $\rho_{corrected}$ unabhängig voneinander berechnet werden, und/oder $\rho_{corrected}$ und $MF_{corrected}$ können unabhängig voneinander berechnet werden.

[0060] Sobald die korrigierte Dichte $\rho_{corrected}$, der korrigierte Hohlraumanteil $\alpha_{corrected}$ und die korrigierte Massenströmungsratenrate $MR_{corrected}$ bekannt sind, können dann die Massenströmungsraten der Gas- und Flüssigkeitskomponenten durch das Strömungskomponenten-Massenströmungsraten-Bestimmungssystem 265 bestimmt werden (310). Techniken zum Bestimmen der Flüssigkeits/Gaskomponenten-Strömungsraten werden in größerem Detail unten unter Bezugnahme auf **Fig. 4** diskutiert.

[0061] Sobald sie bestimmt sind, können die Flüssigkeits/Gaskomponenten-Strömungsraten für eine Verwendung durch einen Betätiger des Durchflußmeßgeräts ausgegeben oder angezeigt werden (312). Auf diese Weise wird der Betätiger möglicherweise gleichzeitig mit Information sowohl über die Flüssigkeitsmassenströmungsratenrate MF_{liquid} als auch die Gasmassenströmungsratenrate MF_{gas} eines Zwei-Phasen-Stroms versorgt.

[0062] In einigen Fällen kann diese Bestimmung ausreichend sein (314), wobei in diesem Fall das Ausgeben der Flüssigkeits/Gaskomponenten-Strömungsraten den Prozeßfluß abschließt bzw. vollendet. Jedoch kann in anderen Implementierungen die Bestimmung der Massenströmungsraten einer individuellen Komponente dadurch verbessert werden, daß Information beispielsweise über die Oberflächengeschwindigkeiten der

Gas/Flüssigkeitskomponenten, des (der) Strömungsregime(s) des Stroms bzw. des Flusses und ein Phasenschlupf, falls vorhanden, zwischen den Komponenten berücksichtigt bzw. eingerechnet wird.

[0063] Insbesondere werden Oberflächengeschwindigkeiten des Gases und der Flüssigkeit SV_{gas} und SV_{liquid} bestimmt wie folgt. Die Gasoberflächengeschwindigkeit SV_{gas} ist definiert als:

$$SV_{\text{gas}} = MF_{\text{gas}} / (\rho_{\text{gas}} * A_T) \quad \text{Gl. 1}$$

wo die Menge bzw. Größe A_T eine Querschnittsfläche bzw. einen Querschnittsbereich des Durchflußrohrs 215 definiert, welcher an einem Punkt genommen werden kann, wo ein Hohlraumanteil bzw. eine Hohlraumfraktion des Stroms gemessen wird. In ähnlicher Weise ist eine Flüssigkeitsoberflächengeschwindigkeit SV_{liquid} definiert als:

$$SV_{\text{liquid}} = MF_{\text{liquid}} / (\rho_{\text{liquid}} * A_T) \quad \text{Gl. 2}$$

[0064] Wie in Gl. 1 und 2 gezeigt, beruht eine Bestimmung von Oberflächengeschwindigkeiten in diesem Kontext auf der früheren Bestimmung von MF_{gas} und MF_{liquid} . Es sollte aus der obigen Beschreibung und aus **Fig. 3** verstanden werden, daß MF_{gas} und MF_{liquid} korrigierte oder tatsächliche bzw. wahre Massenstromungsraten $MF_{\text{gas}}^{\text{corrected}}$ und $MF_{\text{liquid}}^{\text{corrected}}$ repräsentieren bzw. darstellen, da diese Faktoren basierend auf ρ_{true} , α_{true} und MF_{true} berechnet sind bzw. werden. Als ein Resultat repräsentieren die Oberflächengeschwindigkeiten SV_{gas} und SV_{liquid} korrigierte Werte $SV_{\text{gas}}^{\text{corrected}}$ und $SV_{\text{liquid}}^{\text{corrected}}$. Darüber hinaus beziehen sich die Dichtewerte ρ_{gas} und ρ_{liquid} , wie oben, auf bekannte Dichten der fraglichen Flüssigkeit und des fraglichen Gases, welche in der Dichtekorrekturendatenbank 245 gespeichert werden können. Wie unten in größerem Detail unter Bezugnahme auf Techniken zum Berechnen einer korrigierten Dichte $\rho_{\text{corrected}}$ diskutiert werden wird, können die Dichtewerte ρ_{gas} und ρ_{liquid} als eine Funktion aus einer bestehenden Temperatur oder einem Druck bekannt sein, wie sie durch den Temperatursensor 220 und Drucksensor 225 detektiert sind bzw. werden.

[0065] Unter Verwendung der Oberflächengeschwindigkeiten und anderer bekannter oder berechneter Faktoren, von welchen einige in der Strömungsregimekartendatenbank 280 gespeichert sein können, können ein relevantes Strömungsregime und/oder ein Phasenschlupf durch das Strömungsregime-Bestimmungs-/Korrektursystem 275 bestimmt werden (318). Sobald Oberflächengeschwindigkeiten, Strömungsregime und Phasenschlupf bekannt sind, können weitere Korrekturen an der korrigierten Volumsdichte ρ_{true} , der korrigierten Volumsmassenstromungsrate $MF_{\text{corrected}}$ und/oder dem korrigierten Hohlraumanteil $\alpha_{\text{corrected}}$ durchgeführt werden. Auf diese Weise können, wie dies in **Fig. 3** illustriert ist, Komponentenstromungsraten MF_{gas} und MF_{liquid} bestimmt werden.

[0066] Ein Strömungsregime bzw. Strömungsregime in dem Zwei-Phasen-Flüssigkeits/Gas-Strom kann bzw. können durch Konturen auf einem Graph beschrieben werden, welcher die Flüssigkeits-Oberflächengeschwindigkeit gegenüber der Gas-Oberflächengeschwindigkeit aufträgt bzw. zeichnet. Wie soeben beschrieben, kann eine Verbesserung an Bestimmungen von $\rho_{\text{corrected}}$, $\alpha_{\text{corrected}}$ und/oder $MF_{\text{corrected}}$ erhalten werden, indem zuerst ein ungefährender Wert der Flüssigkeits- und Gasstromungsraten aufgebaut bzw. ermittelt wird, und dann ein detaillierteres Modell für das identifizierte Strömungsregime angewandt wird. Beispielsweise existiert bei relativ niedrigem GVF und relativ hohem Strom bzw. hoher Strömung ein Strömungsregime, in welchem sich das belüftete Fluid wie ein homogenes Fluid mit geringen oder keinen Fehlern sowohl in der Dichte als auch dem Massenstrom verhält. Dies kann als ein homogener Strom detektiert werden, welcher keine Korrekturen erfordert, indem einfach eine Beobachtung der Antriebsverstärkung beobachtet wird, welche einen geringen oder keinen Anstieg in einem derartigen Umfeld bzw. einer derartigen Einstellung trotz eines signifikanten Abfalls in einer beobachteten Dichte zeigt.

[0067] **Fig. 4** ist ein Flußdiagramm 400, welches Techniken zum Bestimmen von Flüssigkeits- und Gasstromungsraten MF_{liquid} und MF_{gas} für einen Zwei-Phasen-Strom illustriert. D.h., das Flußdiagramm 400 repräsentiert allgemein ein Beispiel von Techniken zum Bestimmen von Flüssigkeits- und Gasstromungsraten (310), wie dies oben unter Bezugnahme auf **Fig. 3** beschrieben wurde.

[0068] In **Fig. 4** beginnt die Bestimmung von Flüssigkeits- und Gasstromungsraten (310) mit einem Eingeben der korrigierten Dichte-, Hohlraumanteil- und Massenstromungsratenfaktoren $\rho_{\text{corrected}}$, $\alpha_{\text{corrected}}$ und $MF_{\text{corrected}}$ (402). In einem ersten Fall (404) werden die Flüssigkeits- und Gasstromungsraten unter Verwendung von Gl. 3 und 4 bestimmt (406):

$$MF_{\text{gas}} = \alpha_{\text{corrected}} (\rho_{\text{gas}} / \rho_{\text{true}}) (MF_{\text{corrected}}) \quad \text{Gl. 3}$$

$$MF_{\text{liquid}} = (1 - \alpha_{\text{corrected}}) (\rho_{\text{liquid}} / \rho_{\text{corrected}}) (MF_{\text{corrected}}) \quad \text{Gl. 4}$$

[0069] Gl. 3 und 4 nehmen an, daß es keine Schlupfgeschwindigkeit (d.h. Phasenschlupf) zwischen der flüssigen und Gasphase gibt (d.h. durchschnittliche bzw. mittlere Geschwindigkeit der Gasphase AV_{gas} und durchschnittliche Geschwindigkeit der flüssigen Phase AV_{liquid} sind gleich). Diese Annahme ist konsistent mit der Tatsache, daß in dem ersten Fall Oberflächengeschwindigkeiten und Strömungsregime (und daher ein Phasenschlupf) nicht bestimmt wurden.

[0070] In dem zweiten Fall und danach (404) wird eine Bestimmung möglicherweise durch das Strömungsregime-Bestimmungs/Korrektursystem 275 durchgeführt, ob ein Phasenschlupf existiert (408). Wenn nicht, werden wieder Gl. 3 und 4 verwendet (406) oder das Verfahren endet.

[0071] Wenn ein Phasenschlupf existiert (408), welcher wie oben als $S = AV_{\text{gas}}/AV_{\text{liquid}}$ definiert ist, werden die Terme MF_{gas} und MF_{liquid} unter Verwendung der Querschnittsfläche des Durchflußrohrs 215, A_v , wie es auch in der Berechnung von Oberflächengeschwindigkeiten in Gl. 1 und 2 verwendet wird, berechnet (410). Unter Verwendung der soeben gegebenen Definition des Schlupfs S ,

$$MF_{\text{gas}} = \rho_{\text{gas}} (\alpha_{\text{corrected}} A_T) (A V_{\text{gas}}) = \rho_{\text{gas}} (\alpha_{\text{corrected}} A_T) (S) (A V_{\text{liquid}}) \quad \text{Gl. 5}$$

$$MF_{\text{liquid}} = \rho_{\text{liquid}} ((1 - \alpha_{\text{corrected}}) A_T) (A V_{\text{liquid}}) \quad \text{Gl. 6}$$

[0072] Da $MF_{\text{corrected}} = MF_{\text{gas}} + MF_{\text{liquid}}$, können Gl. 5 und 6 nach AV_{liquid} gelöst werden, um Gl. 7 zu erhalten:

$$AV_{\text{liquid}} = MF_{\text{true}} / (A_T (\rho_{\text{gas}} \alpha_{\text{corrected}} + \rho_{\text{liquid}} (1 - \alpha_{\text{corrected}}))) \quad \text{Gl. 7}$$

[0073] Als ein Resultat werden die Flüssigkeits- und Gasströmungsraten unter Verwendung von Gl. 8 und 9 bestimmt (406) :

$$MF_{\text{liquid}} = [\rho_{\text{liquid}} (1 - \alpha_{\text{corrected}}) / (\rho_{\text{gas}} \alpha_{\text{corrected}} + \rho_{\text{liquid}} (1 - \alpha_{\text{corrected}}))] [MF_{\text{corrected}}] \quad \text{Gl. 8}$$

$$MF_{\text{gas}} = MF_{\text{corrected}} - MF_{\text{liquid}} \quad \text{Gl. 9}$$

[0074] Wie oben beschrieben, bildet Gas, welches in Flüssigkeit mitgenommen bzw. mitgerissen wird, einen Zwei-Phasen-Strom. Messungen eines derartigen Zwei-Phasen-Stroms mit einem Coriolis-Durchflußmeßgerät resultieren in angezeigten Parametern ρ_{apparent} , α_{apparent} und MF_{apparent} für die Dichte, den Hohlraumanteil bzw. die Massenströmungsraten des Zwei-Phasen-Stroms. Aufgrund der Natur des Zwei-Phasen-Stroms im Vergleich mit einem Betrieb des Coriolis-Durchflußmeßgeräts sind diese angezeigten Werte um einen vorher-sagbaren bzw. voraussagbaren Faktor nicht korrekt. Als ein Resultat können die angezeigten Parameter korrigiert werden, um tatsächliche bzw. aktuelle Parameter $\rho_{\text{corrected}}$, $\alpha_{\text{corrected}}$ und $MF_{\text{corrected}}$ zu erhalten. Wiederum können die aktuellen bzw. tatsächlichen korrigierten Werte verwendet werden, um gleichzeitig individuelle Strömungsraten der zwei Komponenten (Gas und Flüssigkeit) zu bestimmen.

[0075] **Fig. 5A** und **Fig. 5B** sind Graphen, welche einen prozentuellen Fehler in einer Messung eines Hohlraumanteils bzw. eines Flüssigkeitsanteils illustrieren. In **Fig. 5A** ist der prozentuelle Fehler ein Dichteprozentfehler, welcher von verschiedenen Design- bzw. Konstruktions- und Betriebsparametern abhängig ist, und sich allgemein auf die Abweichung der scheinbaren bzw. augenscheinlichen (angezeigten) Dichte von der wahren bzw. zutreffenden kombinierten Dichte bezieht, welche erwartet würde, wenn der Prozentsatz (%) von Gas in Flüssigkeit gegeben ist.

[0076] In **Fig. 5B** ist der wahre Flüssigkeitsanteil gegenüber dem angezeigten Flüssigkeitsanteil illustriert. **Fig. 5B** zeigt die Resultate für das relevante bzw. entsprechende Durchflußmeßgerätdesign von einigen Leitungsgrößen und Strömungsraten bzw. -geschwindigkeiten. In allgemeineren Ausdrücken bzw. Termen kann der funktionelle Zusammenhang komplexer sein und sowohl von der Leitungsgröße als auch von der Strö-

mungsrate abhängen. In **Fig. 5B** ist ein einfacher Polynomfit bzw. eine einfache Polynomanpassung gezeigt, welche(r) verwendet werden kann, um den scheinbaren Flüssigkeitsanteil zu korrigieren.

[0077] Andere Graphen- bzw. Aufzeichnungstechniken können verwendet werden; beispielsweise kann der wahre Hohlraumanteil gegenüber einem angezeigten Hohlraumanteil aufgezeichnet bzw. aufgetragen werden. Beispielsweise ist **Fig. 6** ein Graph, welcher einen Massenstromfehler als eine Funktion eines Abfalls in einer Dichte für ein Durchflußrohr, welches eine bestimmte Orientierung bzw. Ausrichtung aufweist, und über einen ausgewählten Strömungsbereich illustriert.

[0078] **Fig. 7** ist ein Flußdiagramm 700, welches Techniken zum Korrigieren von Dichtemessungen illustriert (304 in **Fig. 3**). In **Fig. 7** beginnt der Prozeß mit einem Eingeben der Art des Durchflußrohrs 215, welches verwendet wird (702), welche beispielsweise beinhalten kann, ob das Durchflußrohr 215 gebogen oder gerade ist, als auch andere relevante Tatsachen, wie eine Größe oder Orientierung des Durchflußrohrs 215.

[0079] Als nächstes wird eine gasfreie Dichte der Flüssigkeit ρ_{liquid} bestimmt (704). Diese Menge bzw. Größe kann in der (den) folgenden Berechnung(en) nützlich sein, als auch um sicherzustellen, daß andere Faktoren, welche die Dichtemessung ρ_{apparent} beeinflussen können, beispielsweise Temperatur, nicht als Hohlraumanteileffekte fehlinterpretiert werden. In einer Implementierung kann der Verwender die Flüssigkeitsdichte ρ_{liquid} direkt gemeinsam mit einer Temperaturabhängigkeit der Dichte eingeben. In einer anderen Implementierung können bekannte Fluide (und ihre Temperaturabhängigkeiten) in der Dichtekorrekturdatenbank 245 gespeichert sein bzw. werden, wobei in diesem Fall der Benutzer ein Fluid durch einen Namen eingeben kann. In noch einer anderen Implementierung kann das Durchflußmeßgerät 200 die Flüssigkeitsdichte während einer Zeit eines einphasigen flüssigen Stroms bestimmen und diesen Wert für eine zukünftige Verwendung speichern.

[0080] Eine angezeigte Massenströmungsrate MF_{apparent} wird aus dem Coriolis-Meßgerät gelesen (706), und dann wird eine angezeigte Dichte ρ_{apparent} aus dem Coriolis-Meßgerät gelesen (708). Als nächstes wendet das Dichtekorrektursystem 240 entweder eine theoretische, algorithmische (710) oder empirische tabelleformige Korrektur (712) an, um die wahre Dichte ρ_{true} der Gas/Flüssigkeitsmischung zu bestimmen. Die Menge bzw. Größe ρ_{true} kann dann als die korrigierte Dichte ausgegeben werden (714).

[0081] Eine algorithmische Dichtekorrektur (710) kann basierend auf der Kenntnis bestimmt werden, daß, wenn es keinen Effekt des Zwei-Phasen-Stroms von dem normalen Betrieb eines Coriolis-Meßgeräts gibt, wenn es verwendet wird, um eine Dichte zu messen, die angezeigte Dichte um eine Größe bzw. ein Ausmaß abfallen würde, welche(s) aus der Gleichung abgeleitet ist, welche einen Hohlraumanteil bzw. eine Hohlraumfraktion beschreibt, welche oben in Termen eines Volumsstroms dargelegt ist und hier in Termen einer Dichte als Gl. 10 wiederholt wird:

$$\alpha(\%) = \left[\left(\rho_{\text{apparent}} - \rho_{\text{liquid}} \right) / \left(\rho_{\text{gas}} - \rho_{\text{liquid}} \right) \right] \times 100 \quad \text{Gl. 10}$$

[0082] Dies kann verwendet werden, um einen Mengen-„Dichteabfall“ oder $\Delta\rho$ zu definieren, wie dies in Gl. 11 gezeigt ist:

$$\Delta\rho = \left(\rho_{\text{liquid}} - \rho_{\text{apparent}} \right) / \rho_{\text{liquid}} = \alpha(\%) \times \left(\left(\rho_{\text{liquid}} - \rho_{\text{gas}} \right) / \rho_{\text{liquid}} \right) / 100 \quad \text{Gl. 11}$$

[0083] Es soll festgehalten werden, daß Gl. 11 zeigt, daß die Menge $\Delta\rho$ positiv ist; jedoch könnte diese Menge als ein negativer Abfall einfach durch ein Multiplizieren der rechten Seite der Gleichung mit -1 gezeigt werden, wobei dies in Gl. 12 resultiert:

$$\Delta\rho = \left(\rho_{\text{apparent}} - \rho_{\text{liquid}} \right) / \rho_{\text{liquid}} = \alpha(\%) \times \left(\left(\rho_{\text{gas}} - \rho_{\text{liquid}} \right) / \rho_{\text{liquid}} \right) / 100 \quad \text{Gl. 12}$$

[0084] Die Menge ρ_{gas} kann klein im Vergleich zu ρ_{liquid} sein, in welchem Fall Gl. 12 vereinfacht werden kann zu Gl. 13:

$$\Delta\rho = \left(\rho_{\text{liquid}} - \rho_{\text{apparent}} \right) = \alpha(\%) / 100 \quad \text{Gl. 13}$$

[0085] Wie oben ausführlich diskutiert, werden Dichtemessungen durch ein Coriolis-Meßgerät oder irgendein vibrierendes Dichtemeßgerät bzw. Densitometer allgemein durch das Meßgerät als zu niedrig berichtet

und erfordern eine Korrektur. Derart können unter einem Zwei-Phasen-Strom Gl. 12 oder 13 somit verwendet werden, um die folgenden zwei Größen bzw. Mengen zu definieren: einen korrigierten oder wahren Dichteabfall $\Delta\rho_{true}$ und einen angezeigten oder scheinbaren Dichteabfall $\Delta\rho_{app}$. Unter Verwendung von Gl. 13 als ein Beispiel resultiert dies in Gl. 14 und Gl. 15:

$$\Delta\rho_{true} = (\rho_{liquid} - \rho_{true}) = \alpha_{(\%)} / 100 \quad \text{Gl. 14}$$

$$\Delta\rho_{app} = (\rho_{liquid} - \rho_{apparent}) = \alpha_{(\%)} / 100 \quad \text{Gl. 15}$$

[0086] Es können eine Beziehung zwischen $\Delta\rho_{true}$ und $\Delta\rho_{apparent}$ und einer scheinbaren Massenströmungsrate $MF_{apparent}$, als auch anderen Parameter, wie beispielsweise Antriebsverstärkung, Sensorabgleich, Temperatur, Phasenregime, etc. abgeleitet oder empirisch bestimmt sein bzw. werden. Dieser Zusammenhang bzw. diese Beziehung kann ausgedrückt werden, wie dies als $\Delta\rho_{true} = f(MF_{apparent}, \rho_{apparent}, \text{Antriebsverstärkung, Sensorabgleich, Temperatur, Phasenregime und/oder andere Faktoren})$ ausgedrückt ist.

[0087] Als ein Resultat kann der Zusammenhang allgemein für jedes Durchflußrohr in jeder Umgebung allgemein abgeleitet oder zumindest nachgewiesen bzw. bewiesen werden. Für ein Modell-Durchflußrohr, welches bekannt ist und hierin als das Foxboro/Invensys CFS10 Modell-Durchflußrohr bezeichnet wird, wurde empirisch bestimmt, daß für einige Bedingungen der obige funktionelle Zusammenhang vereinfacht werden kann, um nur eine Funktion $\Delta\rho_{apparent}$ und von der Form zu sein, welche in Gleichung 16 gezeigt ist:

$$\Delta\rho_{true} = \sum_{i=0}^M \alpha_i (\Delta\rho_{apparent})^i \quad \text{Gl. 16}$$

[0088] Ein Erzwingen der Bedingung für beide Seiten von Gl. 16, Null zu sein, wenn kein scheinbarer Dichteabfallzusammenhang existiert, resultiert in Gl. 17:

$$\Delta\rho_{true} = \sum_{i=1}^M \alpha_i (\Delta\rho_{apparent})^i \quad \text{Gl. 17}$$

[0089] M hängt allgemein von der Komplexität des empirischen Zusammenhangs ab, wobei er jedoch in vielen Fällen so klein wie 2 (quadratisch) oder 3 (kubisch) sein kann.

[0090] Sobald der wahre Dichteabfall bestimmt ist, ist dann ein Rückwärtsarbeiten durch die obigen Gleichungen direkt bzw. einfach bzw. unkompliziert, um die wahre Mischungsdichte ρ_{true} als auch die wahren Flüssigkeits- und Gas-(Leerraum-) Anteile abzuleiten (wobei die Letzteren in größerem Detail unter Bezugnahme auf **Fig. 9** diskutiert werden) .

[0091] Eine tabellenartige Korrektur für die Dichte (712) kann verwendet werden, wenn beispielsweise ein funktioneller Zusammenhang zu komplex oder unbequem zu implementieren ist. In derartigen Fällen kann eine Kenntnis der Mengen $\Delta\rho_{apparent}$ und $\rho MF_{apparent}$ verwendet werden, um $\Delta\rho_{true}$ durch Verwenden einer Tabelle zu bestimmen, welche die Form einer Tabelle 800 von **Fig. 8** hat.

[0092] Die Tabelle 800 kann beispielsweise eine tabellenartige Nachschlagtabelle sein, welche beispielsweise in der Datenbank 245 oder in einem anderen Speicher für eine Verwendung über mehrfache Anwendungen der Tabelle gespeichert sein bzw. werden kann. Zusätzlich kann die Tabelle während einer Initialisierungsprozedur zur Speicherung in der Datenbank 245 für eine individuelle Anwendung der Tabelle ausgefüllt werden.

[0093] Es sollte verstanden werden, daß entweder eine oder beide der algorithmischen oder tabellenartigen Formen erweitert werden können, um mehrere Dimensionen zu enthalten, wie beispielsweise Verstärkung, Temperatur, Balance bzw. Ausgleich oder Strömungsregime. Die algorithmische oder tabellenartige Korrektur kann auch erweitert werden, um andere Oberflächenfit- bzw. -anpassungstechniken zu enthalten, wie beispielsweise neurales Netz, Wurzelbasisfunktionen, Wavelet-Analysen oder Prinzipkomponentenanalyse.

[0094] Als ein Resultat sollte verstanden werden, daß derartige Erweiterungen in dem Kontext von **Fig. 3** während des darin beschriebenen Zugangs implementiert sein bzw. werden können. Beispielsweise kann während eines ersten Falls eine Dichte, wie oben beschrieben, bestimmt werden. Dann kann während eines

zweiten Falls, wenn ein Strömungsregime identifiziert wurde, die Dichte weiter unter Verwendung der Strömungsregimeinformation korrigiert werden.

[0095] Fig. 9 ist ein Flußdiagramm 900, welches Techniken zum Bestimmen von Leerraumanteilmessungen illustriert (306 in Fig. 3). In Fig. 9 beginnt der Prozeß mit einem Eingeben durch das Hohlraumanteils-Bestimmungssystem 240 der vorher bestimmten Flüssigkeits- und Gesamt- bzw. Volumsdichten (korrigiert) ρ_{liquid} und ρ_{true} (902).

[0096] Eine Dichte des Gases ρ_{gas} wird dann bestimmt (904). Wie bei der Flüssigkeitsdichte ρ_{liquid} gibt es verschiedene Techniken zum Bestimmen von ρ_{gas} . Beispielsweise kann von ρ_{gas} einfach angenommen werden, eine Dichte von Luft zu sein, welche sich allgemein bei einem bekannten Druck befindet, oder es kann eine tatsächliche bekannte Dichte betreffend das bestimmte fragliche Gas sein. Als ein anderes Beispiel kann diese bekannte Dichte ρ_{gas} einer der obigen Faktoren (d.h. bekannte Dichte von Luft oder des spezifischen Gases) bei einem tatsächlichen oder berechneten Druck, wie er durch den Drucksensor 225 detektiert wird, und/oder bei einer tatsächlichen oder berechneten Temperatur sein, wie sie durch den Temperatursensor 220 detektiert wird. Die Temperatur und der Druck können unter Verwendung von externer Ausrüstung überwacht werden, wie dies in Fig. 2 gezeigt ist, beinhaltend den Temperatursensor 220 und/oder den Drucksensor 225.

[0097] Darüber hinaus kann von dem Gas bekannt sein, spezifische Charakteristika bzw. Merkmale in bezug auf Faktoren aufzuweisen, welche Druck, Temperatur oder Kompressibilität enthalten. Diese Merkmale können gemeinsam mit einer Identifikation des Gases eingegeben und beim Bestimmen der gegenwärtigen Gasdichte ρ_{gas} verwendet werden. Wie bei der (den) Flüssigkeit(en), können mehrere Gase in dem Speicher, möglicherweise gemeinsam mit dem soeben beschriebenen Merkmalen gespeichert werden, so daß ein Verwender einen Zugang auf Dichtecharakteristika eines bestimmten Gases einfach durch ein Auswählen des Gases durch einen Namen von einer Liste haben kann.

[0098] Sobald die Faktoren ρ_{liquid} und ρ_{gas} und ρ_{true} bekannt sind, würde es dann aus Gl. 10 klar sein, daß der Hohlraumanteil α_{true} leicht bestimmt werden kann (906). Dann kann, falls erforderlich, der Flüssigkeitsanteil einfach durch ein Berechnen von $1-\alpha_{\text{true}}$ bestimmt werden (908).

[0099] Sowohl die obige Diskussion Techniken zum Bestimmen des Hohlraumanteils α_{true} basierend auf der Dichte präsentiert, sollte verstanden werden, daß der Hohlraumanteil durch andere Techniken bestimmt werden kann. Beispielsweise kann ein angezeigter Hohlraumanteil α_{apparent} direkt durch das Coriolis-Durchflußmeßgerät, möglicherweise im Zusammenhang mit anderen Hohlraumanteils-Bestimmungssystemen bestimmt werden (welche durch den Hohlraumanteilsensor 235 von Fig. 2 repräsentiert sind), und dann basierend auf empirischen oder abgeleiteten Gleichungen korrigiert werden, um α_{true} zu erhalten. In anderen Implementierungen können derartige externe Hohlraumanteils-Bestimmungssysteme verwendet werden, um eine direkte Messung von α_{true} zur Verfügung zu stellen.

[0100] Fig. 10 ist ein Flußdiagramm 1000, welches Techniken zum Bestimmen von korrigierten Massenströmungsratenmessungen (308 in Fig. 3) illustriert. In Fig. 10 gibt das Messenströmungsraten-Korrektursystem 250 zuerst den vorher berechneten korrigierten Dichteabfall $\Delta\rho_{\text{true}}$ ein (1002), und gibt dann eine gemessene scheinbare Massenströmungsrate MF_{apparent} ein (1004).

[0101] Das Massenströmungsraten-Korrektursystem 250 wendet entweder eine tabellarische (1006) oder algorithmische Korrektur (1008) an, um die wahre bzw. tatsächliche Massenströmungsrate MF_{true} der Gas-/Flüssigkeits-Mischung zu bestimmen. Die Menge MF_{true} kann dann als die korrigierte Massenströmungsrate ausgegeben werden (1010).

[0102] Beim Anwenden der tabellenartigen Korrektur für die Massenströmungsrate 1006 kann eine Kenntnis der Mengen $\Delta\rho_{\text{true}}$ und $\Delta MF_{\text{apparent}}$ verwendet werden, um MF_{true} durch ein Verwenden einer Tabelle zu bestimmen, welche die Form einer Tabelle 1100 von Fig. 11 aufweist.

[0103] Die Tabelle 1100 ebenso wie bei der Tabelle 800 kann beispielsweise eine tabellenartige Nachschlagetabelle sein, welche beispielsweise in der Datenbank 245 oder in einem anderen Speicher für eine Verwendung über mehrere bzw. mehrfache Anwendungen der Tabelle gespeichert sein bzw. werden kann. Zusätzlich kann die Tabelle während einer Initialisierungsprozedur für eine Speicherung in der Datenbank 255 für eine individuelle Anwendung der Tabelle gefüllt bzw. ausgefüllt werden.

[0104] Normalisierte Werte $MF_{\text{norm_app}}$ und $MF_{\text{norm_true}}$ können anstelle der tatsächlichen verwendet werden, welche oben gezeigt sind, um mehr als ein Coriolis-Durchflußrohr einer Größe abzudecken. Auch können die Eingaben in Termen der Korrektur sein, wo die Korrektur durch Gl. 18 definiert ist:

$$\Delta MF = MF_{\text{true}} - MF_{\text{apparent}} \quad \text{Gl. 18}$$

[0105] Die Werte in Gl. 18 sollten dahingehend verstanden werden, daß sie entweder aktuelle bzw. tatsächliche oder normalisierte Werte repräsentieren bzw. darstellen.

[0106] In einem algorithmischen Zugang wie bei der Dichte kann die Korrektur für einen Massenstrom anhand eines theoretischen oder eines empirischen funktionellen Zusammenhangs implementiert sein bzw. werden, von welchem allgemein verstanden wird, daß er von der Form $\Delta MF = f(MF_{\text{apparent}}, \text{Hohlraumanteil, Antriebsverstärkung, Sensorbalance bzw. -gleichgewicht, Temperatur, Phasenregime und/oder anderen Faktoren})$ ist.

[0107] Für einige Fälle kann sich die Funktion zu einem Polynom, wie beispielsweise dem in Gl. 19 gezeigten Polynom vereinfachen:

$$\Delta MF = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N a_i b_j (\Delta \rho_{\text{true}}^i) (MF_{\text{norm_app}}^j) \quad \text{Gl. 19}$$

[0108] Für einen gewissen Satz von Bedingungen kann der funktionelle Zusammenhang eine Kombination eines Polynoms und eines exponentiellen Terms sein, wie dies in Gl. 20 gezeigt ist:

$$\Delta MF = a_1 d e^{(a_2 d^2 + a_3 d + a_4 m^2 + a_5 m)} + a_6 d + a_7 d + a_8 m^2 + a_9 m \quad \text{Gl. 20}$$

[0109] In Gl. 20 ist $d = \Delta \rho_{\text{true}}$ und $m = f(MF_{\text{apparent}})$.

[0110] In einer Implementierung kann m in Gl. 20 durch eine scheinbare oberflächliche bzw. Oberflächenflüssigkeitsgeschwindigkeit SV_{liquid} ersetzt werden, welche, wie oben beschrieben, durch Gl. 2 als $SV_{\text{liquid}} = MF_{\text{liquid}} / (\rho_{\text{liquid}} * A_V)$ gegeben ist. In diesem Fall sind ρ_{liquid} und der Durchflußrohrquerschnitt A_V bekannte oder eingegebene Parameter und können in Echtzeit für die Temperatur unter Verwendung beispielsweise der vorliegenden Temperaturmeßvorrichtung 220 des digitalen Controllers/Transmitters 104 korrigiert werden.

[0111] Es sollte verstanden werden, daß wie bei den Dichtekorrekturen, welche oben diskutiert wurden, entweder eine oder beide der algorithmischen oder tabellenartigen Formen erweitert werden können, um mehrfache Dimensionen, wie beispielsweise Verstärkung, Temperatur, Balance oder Strömungsregime zu enthalten. Die algorithmische oder tabellarische bzw. tabellenartige Korrektur kann auch erweitert werden, um andere Oberflächenfit- bzw. -anpassungstechniken, wie beispielsweise ein neurales Netz, Wurzelbasisfunktionen, Wavelet-Analysen oder Prinzipkomponentenanalysen zu enthalten.

[0112] Als ein Resultat sollte verstanden werden, daß derartige Erweiterungen bzw. Erstreckungen in dem Kontext von **Fig. 3** während des darin beschriebenen Zugangs implementiert sein bzw. werden können. Beispielsweise kann während eines ersten Falls eine Massenströmungsrate bestimmt werden, wie dies oben beschrieben ist. Dann kann während eines zweiten Falls, wenn ein Fluß- bzw. Strömungsregime identifiziert wurde, die Massenströmungsrate weiter unter Verwendung der Strömungsregimeinformation korrigiert werden.

[0113] Alle der obigen funktionellen Zusammenhänge für eine Massenströmungsrate können unter Verwendung des Gasanteils bzw. der Gasfraktion (α) oder des Flüssigkeitsanteils ($100 - \alpha$) anstelle eines Dichteabfalls wiederum ausgedrückt werden, wie dies in Tabelle 1100 von **Fig. 11** reflektiert bzw. wiedergegeben ist. Darüber hinaus sollte, obwohl die oben beschriebenen Methoden von einer Kenntnis des korrigierten Dichteabfalls $\Delta \rho_{\text{true}}$ abhängig sind, verstanden werden, daß andere Techniken verwendet werden können, um eine angezeigte Massenströmungsrate zu korrigieren. Beispielsweise sind verschiedenen Techniken zum Korrigieren von Massenströmungsratenmessungen eines Zwei-Phasen-Stroms in U.S. Patent US 6 505 519 B2 diskutiert, welches oben durch Bezugnahme aufgenommen wurde.

[0114] Indem die Dichte-, Hohlraumanteils- und Massenströmungsratenkorrekturen oben in allgemeinen Termen bzw. Ausdrücken für den Zweck beispielsweise eines gleichzeitigen Berechnens von individuellen Strö-

mungskomponenten-(Phasen-) -Strömungsraten in einem Zwei-Phasen-Strom beschrieben wurden, stellen die nachfolgende Diskussion und die entsprechenden Figuren spezifische Beispiele von Implementierungen dieser Techniken zur Verfügung.

[0115] Fig. 12-14 sind Graphen, welche Beispiele von Dichtekorrekturen für eine Anzahl von Durchflußrohren illustrieren. Insbesondere basieren die Beispiele auf Daten, welche aus drei vertikalen Wasserdurchflußrohren erhalten wurden bzw. werden, wobei die Durchflußrohre ½", ¾" und 1" im Durchmesser sind.

[0116] Spezifisch wurden die ½"-Daten mit einer Strömungsrate von 0,15 kg/s und einer Strömungsrate von 0,30 kg/s genommen bzw. aufgenommen; die ¾"-Daten wurden mit einer Strömungsrate von 0,50 kg/s und einer Strömungsrate von 1,00 kg/s genommen; und die 1"-Daten wurden mit einer Strömungsrate von 0,50 kg/s, einer Strömungsrate von 0,90 kg/s und einer Strömungsrate von 1,20 kg/s genommen. Fig. 12 illustriert einen Fehler e_d der scheinbaren Dichte der Fluid-Gas-Mischung (Zwei-Phasen-Strom) gegenüber dem wahren Abfall in einer Dichte der Fluid-Gas-Mischung $\Delta\rho_{true}$:

$$\Delta\rho_{true} = 100 \cdot \frac{\rho_{liquid} - \rho_{true}}{\rho_{liquid}} \quad \text{Gl. 21}$$

$$e_d = 100 \cdot \frac{\rho_{apparent} - \rho_{true}}{\rho_{true}} \quad \text{Gl. 22}$$

wo, wie oben, ρ_{liquid} die Dichte der gasfreien Flüssigkeit ist, ρ_{true} die wahre Dichte der Flüssigkeits-Gas-Mischung ist und $\rho_{apparent}$ die scheinbare oder angezeigte Dichte der Flüssigkeits-Gas-Mischung ist.

[0117] In Fig. 12-14 wird die Korrektur in Termen des scheinbaren Abfalls in der Mischungsdichte $\Delta\rho_{apparent}$ durchgeführt, wie dies in Gl. 23 gezeigt ist:

$$\Delta\rho_{apparent} = 100 \cdot \frac{\rho_{liquid} - \rho_{apparent}}{\rho_{liquid}} \quad \text{Gl. 23}$$

[0118] In Fig. 12-14 wurden, wenn die Daten gefittet bzw. angepaßt wurden, sowohl der scheinbare als auch der wahre Abfall in der Dichte der Mischung auf Werte zwischen 0 und 1 durch ein Dividieren derselben durch 100 normalisiert, wo diese Normalisierung entworfen bzw. ausgebildet ist, um eine numerische Stabilität des Optimierungsalgorithmus sicherzustellen. Mit anderen Worten sind der normalisierte, scheinbare und tatsächliche Abfall in der Mischungsdichte der scheinbare und tatsächliche Abfall in der Mischungsdichte, welche als ein Verhältnis eher als ein Prozentsatz der Flüssigkeitsdichte ρ_{liquid} definiert ist, wie dies in Gleichung 24 gezeigt ist:

$$\Delta\rho_{apparent}^{normalized} = \frac{\Delta\rho_{apparent}}{100} \quad \text{Gl. 24}$$

[0119] Die Modellformel stellt basierend auf Gl. 17 Gl. 25 zur Verfügung:

$$\Delta\rho_{true}^{normalized} = \alpha_1 \left(\Delta\rho_{apparent}^{normalized} \right)^3 + \alpha_2 \left(\Delta\rho_{apparent}^{normalized} \right)^2 + \alpha_3 \left(\Delta\rho_{apparent}^{normalized} \right) \quad \text{Gl. 25}$$

[0120] In diesem Fall sind die Koeffizienten $\alpha_1 = -0,51097664273685$, $\alpha_2 = 1,26939674868129$ und $\alpha_3 = 0,24072693119420$. Fig. 13A und Fig. 13B illustrieren das Modell mit den experimentellen Daten und den Restfehlern, wie dies gezeigt ist. Fig. 14A und Fig. 14B geben dieselbe Information, wobei jedoch jede Strömungsrate extra geplottet bzw. aufgetragen ist.

[0121] Zusammenfassend wird der Abfall in einer Dichtekorrektur in dem Transmitter 104 durch ein Berechnen des scheinbaren Dichteabfalls $\Delta\rho_{apparent}$ unter Verwendung des scheinbaren Dichtewerts $\rho_{apparent}$ und der Flüssigkeitsdichte ρ_{liquid} durchgeführt. Der Wert des scheinbaren Abfalls in der Dichte wird normalisiert,

um $\Delta\rho_{apparent}^{normalized} = \frac{\Delta\rho_{apparent}}{100}$ zu erhalten, so daß, wie oben erläutert, der Abfall in der Dichte als ein Verhältnis eher als ein Prozentsatz berechnet wird. Das (die) Dichtekorrekturmodell(e) kann bzw. können dann angewandt werden, um den normalisierten, korrigierten Abfall in der Mischungsdichte $\Delta\rho_{true}^{normalized}$ zu erhalten.

Schließlich wird dieser Wert ent-normalisiert, um den korrekten Abfall in der Dichte

$\Delta\rho_{true} = 100 \cdot \Delta\rho_{true}^{normalized}$ zu erhalten. Selbstverständlich ist die abschließende Berechnung nicht notwendig, wenn der korrigierte Abfall in der Mischungsdichte $\Delta\rho_{true}$ als ein Verhältnis eher als ein Prozentsatz des wahren Werts definiert ist.

[0122] Fig. 15-20 sind Graphen, welche Beispiele von Massenstromratenkorrekturen für eine Anzahl von Durchflußrohren definieren. Insbesondere basieren die Beispiele auf Daten, welche aus drei vertikalen Wasserdurchflußrohren erhalten sind bzw. werden, wobei die Durchflußrohre $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ " und 1" im Durchmesser sind. Spezifischer wurden die $\frac{1}{2}$ "-Daten mit einer Strömungsrate von 0,15 kg/s und einer Strömungsrate von 0,30 kg/s genommen bzw. aufgenommen; die $\frac{3}{4}$ "-Daten wurden mit einer Strömungsrate von 0,50 kg/s und einer Strömungsrate von 1,00 kg/s aufgenommen; und die 1"-Daten wurden mit 18 Strömungsraten zwischen einer Strömungsrate von 0,30 kg/s und 3,0 kg/s mit einem maximalen Abfall in der Dichte von ungefähr 30 % aufgenommen.

[0123] Fig. 15A und **Fig. 15B** illustrieren scheinbare Massenstromfehler bzw. Fehler eines scheinbaren Massenstroms für die Daten, welche verwendet werden, um das Modell gegenüber einem korrigierten Abfall in der Mischungsdichte $\Delta\rho_{true}$ anzupassen, und eine normalisierte, wahre Oberflächenfluidgeschwindigkeit; d.h. die Kurven des scheinbaren Massenstromfehlers pro Strömungslinie, gemeinsam mit einem Punktdiagramm des scheinbaren Massenstromfehlers gegenüber dem korrigierten Abfall in der Dichte $\Delta\rho_{true}$ und der normalisierten tatsächlichen Oberflächenfluidgeschwindigkeit v_{in} , wie dies in Gl. 26 gezeigt ist:

$$v_m = \frac{v_t}{v_{max}}, \quad v_t = \frac{m}{\rho_{liquid} \cdot A_r} \quad \text{Gl. 26}$$

wo m_t der wahre Fluidmassenstrom ist, d.h. der Wert des Massenstroms, welcher unabhängig gemessen ist, ρ_{liquid} die Flüssigkeitsdichte ist, A_v die Durchflußrohrquerschnittsfläche ist und v_{max} der maximale Wert für die Oberflächenfluidgeschwindigkeit ist (hier angenommen als 12 m/s), so daß v_{in} das Verhältnis der wahren Oberflächenfluidgeschwindigkeit aus dem gesamten Bereich des Durchflußrohrs 215 ergibt. In diesen Beispielen sind bzw. werden sowohl ein Abfall in der Mischungsdichte als auch die Oberflächenfluidgeschwindigkeit zwischen 0 und 1 vor einem Fitten des Modells für den Zweck eines Sicherstellens einer numerischen Stabilität für den Modelloptimierungsalgorithmus normalisiert.

[0124] Fig. 16 illustriert scheinbare Massenstromfehler bzw. Fehler eines scheinbaren Massenstroms gegenüber einem korrigierten Abfall in einer Mischungsdichte und einer normalisierten scheinbaren Oberflächenfluidgeschwindigkeit mit Sicherheitsgrenzen bzw. -begrenzungen für den Korrekturmodus. D.h. **Fig. 16** gibt das Punktdiagramm der Fehler des scheinbaren Massenstroms gegenüber einem korrigierten Abfall in der Dichte, und zu dieser Zeit einer normalisierten scheinbaren Oberflächenfluidgeschwindigkeit

$v_n = \frac{v}{v_{max}} = \frac{m}{v_{max} \cdot \rho \cdot A}$, wo m der scheinbare Fluidmassenstrom ist (d.h. wie er durch den Transmitter 104 gemessen ist). Überlagert auf der Darstellung sind die Grenzen, welche den sicheren Bereich bzw. die sichere Region für das Modell definieren, d.h. die Region, für welche von dem Modell erwartet wird, eine Genauigkeit ähnlich zu denjenigen für die Fit- bzw. Anpassungsdaten zu geben. Unter Verwendung dieser Nomenklatur ist bzw. wird der scheinbare Massenstromfehler e gegeben durch

$$e = 100 \cdot \frac{m - m_t}{m_t}$$

[0125] Die Modellformel für diese Situation ist als Gl. 27 gezeigt:

$$e_n = a_1 dd_{en} \cdot e^{a_2 dd_{en}^2 + a_3 dd_{en} + a_4 v_n^2 + a_5 v_n} + a_6 dd_{en}^2 + a_7 dd_{en} + a_8 v_n^2 + a_9 v_n \quad \text{Gl. 27}$$

wo

$$e_n = \frac{e}{100} = \frac{m - m_t}{m_t} \quad \text{Gl. 28}$$

wo in Gl. 27 und 28 dd_{cn} der normalisierte, korrigierte Abfall in der Mischungsdichte ist, und v_n die normalisierte, scheinbare Oberflächengeschwindigkeit der Flüssigkeit ist.

[0126] In diesem Fall sind die Koeffizienten:

$$\alpha_1 = -4,78998578570465, \alpha_2 = 4,20395000016874,$$

$$\alpha_3 = -5,93683498873342, \alpha_4 = 12,03484566235777,$$

$$\alpha_5 = -7,70049487145105, \alpha_6 = 0,69537907794202,$$

$$\alpha_7 = -0,52153213037389, \alpha_8 = 0,36423791515369,$$

und

$$\alpha_9 = -0,16674339233364.$$

[0127] Fig. 17 illustriert ein Punktdiagramm für die Modellabweichungen bzw. -rate, gemeinsam mit der Modellformel und den Koeffizienten; d.h. zeigt Modellabweichungen gegenüber dem korrigierten Abfall in der Mischungsdichte einer normalisierten wahren Fluidgeschwindigkeit. Fig. 18A-18D und Fig. 19A-19D geben die Modellabweichungsfehler für den gesamten Datensatz, welcher verwendet wird, um jeweils das Modell und die tatsächlichen Daten allein zu fitten bzw. anzupassen. Schließlich illustrieren Fig. 20A und Fig. 20B die Modelloberfläche, welche außerhalb des sicheren Fitbereichs sowohl interpoliert als auch extrapoliert ist bzw. wird. Aus Fig. 16, Fig. 20A und Fig. 20B sollten die Grenzen bzw. Begrenzungen des scheinbaren Massenstroms (Oberflächenflüssigkeitsgeschwindigkeit) und Abfalls in der Dichte für das Modell verstanden werden.

[0128] Zusammenfassend wird eine Massenstromkorrektur in dem Transmitter 104 in diesem Beispiel durch ein Berechnen eines scheinbaren Abfalls in der Dichte, ein Korrigieren derselben unter Verwendung des (der) Verfahren(s), welche (s) oben beschrieben ist bzw. sind, und ein Normalisieren des resultierenden Werts durch ein Dividieren desselben durch 100 unternommen (oder ein Verwenden des erhaltenen normalisierten, korrigierten Abfalls in der Dichte aus dem Dichtemodell). Dann wird eine normalisierte Oberflächenfluidgeschwindigkeit v_n berechnet und das Modell wird angewandt, um eine Abschätzung des normalisierten Massenstromfehlers e_n zu erhalten, wo dieser Wert den Fehler des scheinbaren Massenstroms als ein Verhältnis des wahren bzw. tatsächlichen Massenstroms gibt. Der erhaltene Wert kann nicht-normalisiert durch ein Multiplizieren desselben mit 100 sein, um dadurch den Massenstromfehler als einen Prozentsatz des wahren Massenstroms zu erhalten. Schließlich kann der scheinbare Massenstrom mit dem nicht- bzw. ent-normalisierten Massenstromfehler

$$m_c = \frac{m}{e_n + 1}$$

korrigiert sein bzw. werden.

[0129] Wie dies geschätzt bzw. erkannt wird, hat die obige Beschreibung einen weiten Bereich von Anwendungen, um die Messungs- und Korrektorgenauigkeit eines Coriolis-Meßgeräts während Zwei-Phasen-Strom-Bedingungen zu verbessern. Insbesondere sind die oben beschriebenen Techniken besonders bei Messungsanwendungen nützlich bzw. verwendbar, wo der Massenstrom der flüssigen bzw. Flüssigkeitsphase und der Massenstrom der Gasphase auf einem hohen Niveau einer Genauigkeit gemessen und/oder korrigiert werden müssen. Eine beispielhafte Anwendung ist die Messung des Massenstroms der flüssigen Phase und die Messung der Gasphase in Öl- und Gaserzeugungsumgebungen.

[0130] Die obige Diskussion wird in dem Kontext bzw. Zusammenhang des digitalen Durchflußmeßgeräts von Fig. 2 zur Verfügung gestellt. Es sollte jedoch verstanden werden, daß jegliches vibrierende oder oszillierende Densitometer oder Durchflußmeßgerät, analog oder digital, welches fähig ist, einen Mehr-Phasen-Strom zu messen, welcher eine Gasphase eines gewissen Prozentsatzes enthält, verwendet werden kann. D.h., einige Durchflußmeßgeräte sind nur fähig, Prozeßfluide zu messen, welche eine Gasphase enthalten, wenn diese Gasphase auf einen geringen Prozentsatz des gesamten Prozeßfluids, beispielsweise weniger als 5 % beschränkt ist. Andere Durchflußmeßgeräte, wie das (die) digitale(n) Durchflußmeßgerät(e), auf welche(s) oben Bezug genommen wird bzw. wurde, sind zu einem Betrieb fähig, selbst wenn der Gashohlraumanteil 40 % oder mehr erreicht.

[0131] Viele der oben gegebenen Gleichungen und Berechnungen sind in Termen einer Dichte, Massenströmungsrate und/oder eines Leer- bzw. Hohlraumanteils beschrieben. Es sollte jedoch verstanden werden, daß dieselben oder ähnliche Resultate unter Verwendung von Variationen bzw. Abwandlungen dieser Parameter

erreicht werden können. Beispielsweise kann anstelle eines Massenstroms ein volumetrischer Strom verwendet werden. Zusätzlich kann anstelle eines Hohlraumanteils ein Flüssigkeitsanteil verwendet werden.

[0132] Die obige Diskussion stellt Beispiele eines Messens von Komponentenmassenstromraten in einem Zwei-Phasen-Strom zur Verfügung. Durchflußmeßgeräte können auch verwendet werden, um weitere gemischte Ströme zu messen. Beispielsweise bezieht sich ein „Drei-Phasen“-Strom oder ein „gemischter Zwei-Phasen-Strom“ auf eine Situation, in welcher zwei Arten einer Flüssigkeit mit einem Gas gemischt sind. Beispielsweise kann ein strömende bzw. fließende Mischung von Öl und Wasser Luft (oder ein anderes Gas) enthalten, wodurch ein „Drei-Phasen-Strom“ gebildet wird, wo sich die Terminologie auf die drei Komponenten des Stroms bezieht und nicht allgemein impliziert, daß ein festes Material bzw. ein Feststoff in dem Strom enthalten ist.

[0133] Fig. 21 ist ein Blockdiagramm eines Durchflußmeßgerätsystems 2100. Das Durchflußmeßgerätsystem 2100 kann beispielsweise verwendet werden, um Strömungsraten einer einzelnen bzw. individuellen Komponente innerhalb eines Drei-Phasen-Stroms zu bestimmen. Beispielsweise kann das System 2100 verwendet werden, um eine Menge an Öl innerhalb eines Öl-, Wasser- und Gasstroms zu bestimmen, welcher sich durch ein Rohr an einer Ölextraktionsanlage während einer gegebenen Zeitperiode bewegt.

[0134] Das Durchflußmeßsystem 2100 kann auch verwendet werden, um hoch-genaue Messungen von dem digitalen Transmitter 104, beispielsweise Dichtemessungen oder Massenstromratenmessungen zu erhalten. Das System 2100 kann auch beispielsweise verwendet werden, um eine verbesserte Messung von einem externen Sensor, wie beispielsweise dem Flüssigkeitsanteils-Test- bzw. -Meßkopf 230 oder dem Hohlraumanteilsensor 235 relativ zu denjenigen Messungen zu erhalten, welche unter Verwendung des (der) externen Sensors (Sensoren) allein erhalten werden könnten.

[0135] In Fig. 21 beinhaltet der digitale Transmitter 104 ein Hohlraumanteils-Bestimmungssystem 2102, ein Dichtebestimmungssystem 2104 und ein Massenstromraten-Bestimmungssystem 2106 (zusätzlich zu einer Anzahl von Komponenten, welche der Klarheit halber nicht gezeigt sind, beispielsweise einen Antriebssignal-generator oder ein Mehr-Phasen-Detektionssystem oder irgendeine der Komponenten, welche unter Bezugnahme auf Fig. 2 illustriert oder diskutiert sind). D.h., wie dies aus der obigen Beschreibung verstanden werden sollte, die Systeme 2102, 2104 und 2106 können verwendet werden, um entsprechende Parameter eines Fluidstroms innerhalb des Flusses 215 zu messen. Darüber hinaus repräsentieren, wie dies oben erläutert wurde, in dem Ausmaß, daß der Fluidstrom Gas und/oder gemischte Flüssigkeiten enthält, die Messungen, welche durch die Systeme 2102, 2104 und 2106 ausgegeben werden, allgemein rohe oder scheinbare Werte für die entsprechenden Parameter, welche schlußendlich mit einem Korrektursystem 2108 korrigiert werden können.

[0136] Beispielsweise kann eine scheinbare Massenstromrate eines Drei-Phasen-Fluidstroms innerhalb des Durchflußrohrs 215 an das Korrektursystem 2108 für eine Korrektur unter Verwendung eines Massenstromraten-Korrekturmoduls 2112 ausgegeben werden, während eine scheinbare Dichte des Drei-Phasen-Fluidstroms innerhalb des Durchflußrohrs 215 an das Korrektursystem 2108 für eine Korrektur unter Verwendung eines Dichtekorrekturemoduls 2118 ausgegeben werden kann. In etwas ähnlicher Weise kann eine Messung oder Bestimmung eines scheinbaren Hohlraumanteils innerhalb des Fluidstroms unter Verwendung eines Dichtekorrekturemoduls 2114 korrigiert werden, während eine Messung oder Bestimmung eines scheinbaren Flüssigkeitsanteils (beispielsweise Wasseranteil bzw. Watercut vom Test- bzw. Meßkopf 230) unter Verwendung eines Wasseranteil- bzw. Watercut-Korrekturmoduls 2116 korrigiert werden kann. Wie unten in größerem Detail beschrieben, können die verschiedenen Korrekturmodule 2112-2118 im Zusammenwirken miteinander und/oder mit anderen Komponenten arbeiten, um ihre entsprechenden korrigierten Werte zu erhalten.

[0137] Sobald sie erhalten sind, können korrigierte Werte, wie beispielsweise Massenstrom- bzw. Massenstromrate, Dichte, Wasseranteil oder Hohlraumanteil bzw. -fraktion (oder eine gewisse Kombination davon) an einen Hostcomputer 2110 für eine Bestimmung von individuellen Massenstromraten von jeder der drei Komponenten des Drei-Phasen-Stroms unter Verwendung eines Komponentenströmungsraten-Bestimmungssystems 2120 ausgegeben werden. Als ein Resultat, und wie oben erwähnt, können einzelne bzw. individuelle Strömungsraten und/oder -mengen von jeder der drei Komponenten bestimmt werden.

[0138] Allgemeiner beinhaltet ein Beispiel des Systems 2100 drei allgemeine Elemente, welche verwendet werden, um korrigierte Meßwerte und/oder Strom- bzw. Strömungsraten einer individuellen Komponente zu erhalten: den Transmitter 104, einen oder mehrere der individuellen externen Sensoren, welche allgemein mit einem Bezugszeichen 2122 identifiziert sind bzw. werden, und ein oder mehrere Element(e) des Korrek-

tursystems 2108. Selbstverständlich können viele Kombinationen, Variationen bzw. Abwandlungen und Implementierungen dieser Elemente verwendet werden, von welchen verschiedene Beispiele in größerem Detail unten diskutiert sind bzw. werden.

[0139] Beispielsweise kann in einigen Implementierungen der digitale Transmitter 104 nicht das Hohlraumanteil-Bestimmungssystem 2102 enthalten. In einigen Fällen kann das Hohlraumanteils-Bestimmungssystem 2102 in den Flüssigkeitsanteil-Testkopf 230 enthalten oder damit assoziiert bzw. verbunden sein, oder kann in Abhängigkeit von einer Art oder Konfiguration des Hohlraumanteilssensors 235 nicht erforderlich sein. In derartigen Fällen kann in dem Ausmaß, indem es erforderlich ist, der Hohlraumanteil aus Ausgaben der Korrekturmodule 2112, 2116 und/oder 2118 bestimmt werden.

[0140] Darüber hinaus sollte, obwohl für die externen Sensoren 2122 in **Fig. 21** gezeigt ist, daß sie in Kommunikation bzw. Verbindung mit dem digitalen Transmitter 104 und dem Durchflußrohr 215 sind, verstanden werden, daß die externen Sensoren 2122 ihre entsprechenden Messungen in einer Anzahl von unterschiedlichen Wegen bzw. Weisen erhalten können. Beispielsweise sind Beispiele des Temperatursensors 220, des Drucksensors 225 und des Hohlraumanteilsensors 230 oben unter Bezugnahme beispielsweise auf **Fig. 2** beschrieben. Darüber hinaus kann der Flüssigkeitsanteil-Testkopf 235 in Serie mit dem Durchflußrohr 215 in bezug auf eine bzw. relativ zu einer primären Leitung zum Transportieren des Drei-Phasen-Fluidstroms sein, und kann eine getrennte Verbindung mit dem Transmitter 104, dem Korrektursystem 2108 und/oder dem Hostcomputer 2110 aufrecht erhalten.

[0141] In **Fig. 21** ist für das Korrektursystem 2108 gezeigt, daß es von dem Transmitter 104 und dem Hostcomputer 2110 getrennt ist. In einigen Anwendungen bzw. Implementierungen kann jedoch das Korrektursystem 2108 innerhalb des digitalen Transmitters 104, des Hostcomputers 2110 angeordnet sein, oder kann mit einem oder mehreren der externen Sensoren 2122 assoziiert sein. In noch anderen Implementierungen können Abschnitte des Korrektursystems 2108 innerhalb von verschiedenen Abschnitten bzw. Sektionen des Systems 2100 enthalten sein. Beispielsweise können eine Dichte- und Massenstromratenkorrektur an dem digitalen Transmitter 104 durchgeführt werden, während Watercut-Korrekturen an dem Flüssigkeitsanteils-Testkopf 230 durchgeführt werden können.

[0142] In einigen Implementierungen kann das Korrektursystem 2108 alle der Module 2112-2118 (wie gezeigt) oder einige Sub- bzw. Untersätze davon enthalten, oder können andere Module enthalten, welche nicht spezifisch in **Fig. 21** illustriert sind (beispielsweise ein Korrekturmodul zum Korrigieren einer Dichte der Zwei-Flüssigkeiten-Komponente innerhalb des Drei-Phasen-Flusses bzw. -Stroms, beispielsweise der Öl/Wasser-Mischung in einem Öl/Wasser/Gas-Fluidstrom). Darüber hinaus können einige oder alle von derartigen Korrekturmodulen miteinander integriert sein bzw. werden. Beispielsweise können die Massenstromraten- und -dichtekorrekturen in ein Modul inkorporiert bzw. aufgenommen sein, während das Wasseranteil-Korrekturmodul 2116 getrennt sein kann.

[0143] Entlang derselben Linien soll verstanden werden, daß das Komponentenströmungsraten-Bestimmungssystem 2120 an einer Anzahl von Orten innerhalb des Systems 2100 angeordnet sein kann. Beispielsweise kann das Komponentenströmungsraten-Bestimmungssystem 2120 innerhalb des Korrektursystems 2108 angeordnet sein, oder kann innerhalb des digitalen Transmitters 104 angeordnet sein.

[0144] Verschiedene Beispiele der obigen und anderer Implementierungen, als auch Beispiele von spezifischen Techniken zum Erhalten von korrigierten Flußmessungen und einzelnen bzw. individuellen Komponentenströmungsraten sind bzw. werden in größerem Detail unten beschrieben. Allgemein sollte jedoch verstanden werden, daß das System 2100 und andere Implementierungen davon für alle oder im wesentlichen alle des Drei-Phasen-Fluidflusses erlauben, kontinuierlich durch das Durchflußrohr 215 oder durch eine zugeordnete Leitung oder eine andere Leitung zum Transportieren des Drei-Phasen-Fluß-Materials zu fließen bzw. zu strömen.

[0145] Als ein Resultat erfordern Bestimmungen von einzelnen bzw. individuellen Komponentenströmungsraten bzw. Strömungsraten einer individuellen Komponente nicht eine Trennung des Drei-Phasen-Fluidstroms in getrennte Ströme, welche eine oder mehrere der ausbildenden Komponenten enthalten. Beispielsweise ist es, wenn der Drei-Phasen-Fluß Öl, Wasser und Gas enthält, nicht notwendig, das Gas von der Öl/Wasser-Flüssigkeitskombination zu trennen, um Messungen (beispielsweise Massenstromrate) an dem Ölabschnitt des resultierenden Öl/Flüssigkeitsstroms durchzuführen. Dementsprechend können zuverlässige Messungen einer Menge von Öl, welches beispielsweise an einer Ölgewinnungs- bzw. -erzeugungsanlage produziert wird, leicht, rasch, kostengünstig und zuverlässig durchgeführt werden.

[0146] Fig. 22 ist ein Diagramm einer ersten Implementierung des Systems 2100 von Fig. 21. In Fig. 22 ist der Flüssigkeitsanteil-Testkopf 230 als ein Wasseranteil-Testkopf illustriert, welcher sich in Serie mit dem digitalen Transmitter 104 in bezug auf den Drei-Phasen-Fluidfluß bzw. -strom durch eine Leitung 2202 befindet. Beispiele eines Verwendens von Messungen von dem Wasseranteil-Testkopf 230 beim Bestimmen von Fluß- bzw. Strömungsmessungen werden in größerem Detail unten zur Verfügung gestellt.

[0147] Darüber hinaus ist in Fig. 22 eine statische Mischer-Probenahmeanordnung bzw. -einrichtung 2204 illustriert, welche dazu dient, das dreiphasige bzw. Drei-Phasen-Fluid zu homogenisieren. Der Mischer-Probennehmer 2204 kann auch für andere Messungen verwendet werden. Beispielsweise kann der Mischer-Probennehmer 2204 verwendet werden, um Messungen des Wasseranteil-Probenkopfs 230 oder andere Messungen zu validisieren bzw. zu bestätigen. In einer Implementierung kann der Mischer-Probennehmer 2204 verwendet werden, um einen Abschnitt bzw. Anteil des Drei-Phasen-Flusses von Öl/Wasser/Gas für eine Verdampfung des Gases daraus bzw. davon für eine unabhängige Bestätigung eines Wasseranteils bzw. einer Wasserfraktion innerhalb der resultierenden Zwei-Flüssigkeits-Komposition bzw. -Zusammensetzung abzuleiten. In etwas ähnlicher Weise kann ein Drucktransmitter 2206 in verschiedenen Nachbe- bzw. -verarbeitungstechniken zum Validisieren oder Bestätigen von Messungen des Systems verwendet werden.

[0148] Fig. 23 ist ein Blockdiagramm einer zweiten Implementierung des Systems von Fig. 21. In Fig. 23 ist der Flüssigkeitsanteil-Testkopf 230 als ein Mikrowellen-Wasseranteil-Testkopf 230a und/oder ein Infrarot-Wasseranteil-Testkopf 230b illustriert. Eine Leistungs- bzw. Energieversorgung 2302 zum Zuführen von Energie bzw. Leistung zu dem System ist auch illustriert. Für das Durchflußrohr 215 von Fig. 23 sollte verstanden werden, daß es beispielsweise das gebogene Durchflußrohr 102 von Fig. 1A enthält, obwohl selbstverständlich das gerade Durchflußrohr 106 von Fig. 1B oder ein gewisses anderes Durchflußrohr auch verwendet werden kann.

[0149] Darüber hinaus sind in Fig. 23 die Sensoren 230a, 230b und/oder 2206 illustriert, daß sie in bi-direktionaler Verbindung bzw. Kommunikation mit dem Transmitter 104 sind, beinhaltend ein standardmäßiges 4-20 mA Regel- bzw. Steuersignal. Währenddessen befindet sich der Transmitter 104 in Verbindung mit dem Hostcomputer 2110 aufgrund einer Modbus RS485 Verbindung.

[0150] Darüber hinaus illustriert, wie bereits oben Bezug genommen wurde, Fig. 23 verschiedene mögliche Orte bzw. Stellen für das Korrektursystem 2108. Beispielsweise kann, wie gezeigt, das Korrektursystem 2108 an einem Prozessor angeordnet oder mit diesem assoziiert sein, welcher mit dem Hostcomputer 2110 assoziiert bzw. verbunden ist, oder mit dem digitalen Transmitter 104 und/oder dem Wasseranteil-Testkopf 230a (und/oder einem anderen externen Sensor 230b).

[0151] Fig. 24 ist ein Blockdiagramm einer Implementierung des Korrektursystems 2108 von Fig. 21-23. In Fig. 24 gibt, wie dies aus der obigen Beschreibung von Fig. 21 ersichtlich sein sollte, das Korrektursystem 2108 von dem Transmitter 104 Messungen, wie beispielsweise eine scheinbare (oder Roh-) Messung eines flüssigen Anteils bzw. Flüssigkeitsanteils (beispielsweise Wasseranteil bzw. Watercut) des Drei-Phasen-Flusses gemeinsam mit einer scheinbaren Volumsmassenströmungsrate und einer scheinbaren Bulk- bzw. Gesamt- bzw. Volumsdichte ein.

[0152] Das Korrektursystem 2108 enthält in diesem Beispiel ein Wasseranteil- bzw. Watercut-Fehlermodell 2402 und ein Coriolis-Fehlermodell 2404. Die Modelle 2402 und 2404 erlauben, wie gezeigt, Kalkulationen bzw. Berechnungen der korrigierten oder die Abschätzung der wahren bzw. tatsächlichen entsprechenden Messungen des Wasseranteils, der Massenfluß- bzw. -stromrate und der Dichte. Mit anderen Worten können, wie dies aus der obigen Diskussion von Zwei-Phasen-Fluidströmen ersichtlich sein sollte, bekannte Konfigurationen des Modells 2402 und 2404 und Fluß- bzw. Strömungsparametern vorhanden sein, so daß nachfolgend gemessene Strömungsparameter mit den modellierten Resultaten beispielsweise durch eine Interpolation korreliert sein bzw. werden können.

[0153] Beispielsweise können, wie unten in größerem Detail diskutiert, die Modelle 2402 und 2404 implementiert sein bzw. werden, um ein Polynomfitten bzw. -anpassen von gemessenen (scheinbaren) Strömungsparametern zu Verfügung zu stellen. In anderen Beispielen können die Modelle 2402 und 2404 Korrekturmodelle eines neuronalen Netzes für ein Korrigieren des Wasseranteils und des Massenstroms/Dichte darstellen bzw. repräsentieren.

[0154] In dem Beispiel von Fig. 24 erlauben, wo die verfügbare Messung einen scheinbaren Wasseranteil enthält, dann die resultierenden korrigierten Messungen die Berechnung der zusätzlichen Parameter des

Gashohlraumsanteils. Im Gegensatz dazu kann, wenn ein scheinbarer Gashohlraumanteil anstelle einer scheinbaren Wasseranteilmessung verfügbar wäre, dann das Korrektursystem eine korrigierte Hohlraumanteilmessung ausgeben (wodurch eine nachfolgende Abschätzung eines tatsächlichen bzw. wahren Wasseranteils bzw. Watercuts ermöglicht wird). In jedem Fall oder in ähnlichen Fällen kann das Korrektursystem 2108 die korrigierten Messungen an das Komponentenströmungsraten-Bestimmungssystem 2120 für eine Berechnung von individuellen bzw. einzelnen Komponentenmassenströmungsraten bzw. Massenstromraten einer individuellen Komponente ausgeben.

[0155] Fig. 24 illustriert ein Beispiel, in welchem die Ausgaben von jedem Modell 2402 und 2404 ineinander rückgeführt werden, um sequentiell bessere Resultate zu erhalten, bevor ein abschließender Wert für einen korrigierten Wasseranteil, (Volums-) Massenströmungsraten und (Volums-) Dichte ausgegeben wird und danach einzelne Komponentenströme bzw. Ströme einzelner bzw. individueller Komponenten berechnet werden. Mit anderen Worten wird beispielsweise angenommen, daß die anfängliche Bestimmung eines scheinbaren Wasseranteils abhängen kann von und variieren mit einer Menge an Gas innerhalb des Drei-Phasen-Fluidstroms (d.h. des Gashohlraumanteils). Jedoch kann ein genauer Wert des Gashohlraumanteils allgemein nicht verfügbar sein, bis nachdem eine Abschätzung der wahren Wasseranteilmessung bestimmt wurde.

[0156] Daher kann, wie illustriert, durch ein Zuführen der Werte einer ersten Bestimmung eines korrigierten Wasseranteils von dem Wasseranteil-Fehlermodell 2402 zurück in das Coriolis-Fehlermodell 2404 eine verbesserte Abschätzung einer korrigierten Massenströmungsraten, Dichte und eines Gashohlraumanteils erhalten werden und dann in das Wasseranteil-Fehlermodell rückgeführt werden. Dieser Prozeß kann sich beispielsweise fortsetzen, bis ein gewünschtes Niveau an Genauigkeit erreicht ist, oder bis eine bestimmte Zeitmenge verstrichen ist.

[0157] In **Fig. 24** können die Modelle 2402 und 2404 orthogonal zueinander sein, so daß eines ohne ein Beeinträchtigen bzw. Beeinflussen eines Betriebs des anderen ersetzt werden kann. Beispielsweise kann, wenn ein neuer Wasseranteil-Testkopf verwendet wird (beispielsweise der Testkopf 230a anstelle des Testkopfs 230b von **Fig. 23**), dann ein entsprechendes Wasseranteil-Fehlermodell in ähnlicher Weise substituiert werden, während das Coriolis-Fehlermodell fortgesetzt verwendet werden kann.

[0158] In anderen Implementierungen, und beispielsweise wo ein spezifischer Wasseranteil-Testkopf, ein Coriolis-Meßgerät und eine Konfiguration davon relativ zueinander bekannt sind und von welchen angenommen wird, daß sie sich nicht ändern, kann es dann möglich sein, ein einzelnes Fehlermodell zu konstruieren, welches alle drei Messungen von Wasseranteil bzw. Watercut, Massenströmungsraten und Dichte eingibt und korrigierte Werte von allen drei (gemeinsam mit möglicherweise einem korrigierten Gashohlraumanteil ausgibt). In derartigen Implementierungen kann bzw. muß es nicht notwendig sein, sequentielle Resultate zurück in das Fehlermodell zuzuführen, um alle drei (oder vier oder mehr) korrigierten Werte zu erhalten.

[0159] Fig. 25 ist ein Flußdiagramm 2500, welches einen ersten Betrieb des Durchflußmeßgeräts von **Fig. 21-23** zeigt. Genauer repräsentiert **Fig. 25** eine Beschreibung auf hohem Niveau von vielen unterschiedlichen Techniken und Kombinationen von Techniken, von welchen einige spezifische Beispiele (gemeinsam mit anderen Beispielen) in größerem Detail unten präsentiert bzw. dargestellt sind.

[0160] In **Fig. 25** wird eine Existenz eines Drei-Phasen-Stroms bestimmt und scheinbare bzw. augenscheinliche Messungen werden erhalten (2502). Beispielsweise kann der Transmitter 104 eine scheinbare Volumsdichte und eine scheinbare Massenstromrate erhalten, und der Flüssigkeitsanteil-Testkopf 230 kann eine scheinbare Wasseranteilmessung erhalten. Wie in **Fig. 21** gezeigt, können diese Messungen dann an das Korrektursystem 2108 ausgegeben werden.

[0161] Auf diese Weise können ein korrigierter Wasseranteil bzw. Watercut (2504), eine korrigierte Volumsdichte (2506), eine korrigierte Volumsmassenströmungsraten (2508) und ein korrigierter Gashohlraumanteil (2510) erhalten werden. Wie illustriert, gibt es viele Variationen zum Erhalten dieser korrigierten Messungen.

[0162] Beispielsweise kann die korrigierte Massenstromrate basierend nur auf scheinbaren Messungen erhalten werden, wie beispielsweise einer scheinbaren Massenstromrate, oder kann basierend auf diesen Faktoren gemeinsam mit einer bereits korrigierten Dichte- und/oder Gashohlraumsanteilmessung bestimmt werden. Ähnliche Kommentare bzw. Bemerkungen gelten beispielsweise auch für Techniken zum Erhalten von korrigierten Dichte- und/oder Gasvolumsanteilmessungen. Es sollte auch ersichtlich sein, daß andere Faktoren und Parameter beim Berechnen von korrigierten Werten erhalten werden können, welche nicht not-

wendigerweise in **Fig. 25** gezeigt sind, wie beispielsweise Temperatur, Druck, Flüssigkeits- oder Gasdichten der Fluß- bzw. Strömungskomponenten, oder andere bekannte oder gemessene Parameter.

[0163] Darüber hinaus kann, wie bereits oben erwähnt, eine gegebene Korrektur mehrere Male erhalten werden, wobei spätere Korrekturen auf zwischenzeitlich erfolgten Korrekturen von anderen Parametern basieren. Beispielsweise kann eine erste bzw. zuerst korrigierte Wasseranteilmessung erhalten werden und kann dann basierend auf einer nachfolgenden Hohlräumbestimmung revidiert bzw. überarbeitet werden, um eine zweite korrigierte Wasseranteilmessung zu erhalten.

[0164] Sobald einige oder alle der korrigierten Parameter erhalten sind, können individuelle Komponentenströmungsraten für eine oder mehrere der ersten flüssigen Komponente, der zweiten flüssigen Komponente und der Gaskomponente erhalten werden (2512). Dann können diese Ausgaben und/oder die korrigierten Werte selbst angezeigt bzw. dargestellt oder anderweitig ausgegeben werden (2514).

[0165] **Fig. 26** ist ein Flußdiagramm 2600, welches ein erstes Beispiel der Techniken von **Fig. 25** illustriert. Insbesondere kann in **Fig. 21-25** ein Korrigieren der Volumsdichte mit einem Bestimmen einer Wasseranteilmessung unter Verwendung des Wasseranteil-Testkopfs 230 assoziiert bzw. verbunden sein bzw. werden.

[0166] Somit wird in **Fig. 26** eine Existenz eines Drei-Phasen-Stroms, welcher eine erste Flüssigkeit, eine zweite Flüssigkeit und ein Gas aufweist, angenommen, und der Prozeß beginnt mit einer Bestimmung einer scheinbaren Wasseranteilmessung (2602). Dann wird die Dichte der zwei Flüssigkeiten bestimmt (2604).

[0167] Basierend auf dieser Kenntnis wird ein scheinbarer Gashohlraumanteil α_{apparent} bestimmt (2606). Dann setzt in einer Implementierung der Prozeß 2600 mit einer Bestimmung von korrigierten Werten beispielsweise der Volumsdichte und der Volumsmassenströmungsraten fort (2608).

[0168] Sobald diese Werte bekannt sind, kann eine Korrektur für den Gashohlraumanteil $\alpha_{\text{corrected}}$ durchgeführt werden (2610), wobei dies in einer neuen überarbeiteten bzw. revidierten Bestimmung eines Gashohlraumsanteils resultiert (2606). Auf diese Weise kann eine Korrektur der ursprünglichen Wasseranteilmessung durchgeführt werden (2612), um einen Effekt des Gases innerhalb des Drei-Phasen-Stroms auf die ursprüngliche Wasseranteilmessung in Betracht zu ziehen (2602), und dadurch eine verbesserte Wasseranteilmessung zu erhalten.

[0169] Dann kann die verbesserte Wasseranteilmessung verwendet werden, um die Flüssigkeitsdichtemessung zu bestimmen und zu verbessern (2604), welche wiederum verwendet werden kann, um eine korrigierte oder verbesserte Gashohlraumsanteilmessung zu bestimmen (2606). Als ein Resultat werden eine darüber hinaus korrigierte Volumsdichte- und Volumsmassenströmungsratenmessung erhalten werden (2608).

[0170] Der Prozeß 2600 oder Abwandlungen bzw. Variationen davon kann bzw. können fortgesetzt werden, bis zufriedenstellende Resultate für korrigierte Werte der Volumsdichte, Volumsmassenströmungsraten, des Wasseranteils und/oder Gashohlraumanteils bestimmt wurden. Dann können individuelle Massenströmungsraten für die drei Komponenten (beispielsweise Öl, Wasser und Gas) des Multi-Phasen-Stroms bestimmt werden.

[0171] Spezifische Gleichungen und eine Diskussion zum Implementieren der Beispielsprozesse bzw. -verfahren 2500 und 2600, als auch für nachfolgende Beispiele, werden unten zur Verfügung gestellt. In diesem Kontext werden auch spezifische Beispiele zur Verfügung gestellt, wie und warum ausgewählte Parameter verwendet werden.

[0172] Beispielsweise ist ein Watercut bzw. Wasseranteil in einem Zwei-Phasen-Strom definiert als der Volumsanteil bzw. die Volumsfraktion von Wasser in der Zwei-Phasen (beispielsweise Öl-, Wasser-) Mischung, wenn kein Gas vorhanden ist. Unter dieser Bedingung ist der Wasseranteil gegeben durch Gl. 29:

$$WC = \frac{\rho_{\text{liquid}} - \rho_{\text{oil}}}{\rho_w - \rho_{\text{oil}}} \quad \text{Gl. 29}$$

wo ρ_{liquid} die Öl-Wasser-Mischungsdichte ist, ρ_{oil} und ρ_w die reine Öl- bzw. reine Wasserdichte sind. Selbstverständlich sind die flüssigen Komponenten von Öl und Wasser lediglich Beispiele, und andere Flüssigkeiten können verwendet werden.

[0173] Allgemein kann in dem Fall eines lediglich zweiphasigen bzw. Zwei-Phasen-Öl-Wasser-Stroms, wo kein Gas vorhanden ist, das Coriolis-Durchflußmeßgerät die Mischungs- (Volums- bzw. Gesamt-) Dichte ρ_{liquid} und die Mischungsmassenströmungsrate MF messen. Der Wasseranteil der Mischung wird dann basierend auf Gl. 29 berechnet. Diese Technik ist bzw. wird in größerem Detail, beispielsweise im U.S. Patent US 5 029 482 A übertragen an Chevron Research Company, beschrieben und kann nützlich bzw. verwendbar beim Ableiten eines Wasseranteils aus einer Dichtemessung unter Verwendung eines Coriolis-Durchflußmeßgeräts sein.

[0174] Die volumetrische Fluß- bzw. Strömungsrate der Flüssigkeits- (Öl-Wasser-) Mischung kann unter Verwendung von Gl. 30 abgeleitet werden:

$$VF_{liquid} = \frac{MF_{liquid}}{\rho_{liquid}} \quad \text{Gl. 30}$$

[0175] Somit stellen die zwei unabhängigen Messungen der Volums-(Mischungs-) Dichte und der Massenströmungsrate durch das Coriolis-Durchflußmeßgerät eine ausreichende Information zur Verfügung, um das mathematische Schlußerfordernis zu erfüllen, wo zwei Komponenten in dem kombinierten Strom vorhanden sind.

[0176] Gl. 29 und 30 können jedoch nicht direkt angewandt werden, wenn drei verschiedene bzw. getrennte Phasen (d.h. Öl, Wasser und Gas) in einem gemeinsamen vermischten Strom vorhanden sind, d.h. einem Drei-Phasen-Fluß, wie dies oben unter Bezugnahme auf **Fig. 21-25** diskutiert ist, da das Coriolis-Durchflußmeßgerät die Dichte und den Massenstrom der Mischung der zwei Flüssigkeiten und des Gases messen kann. In dem Drei-Phasen-Fall von beispielsweise einem Öl-Wasser-Gas-Strom ist bzw. wird eine dritte Komponente eingeführt, welche einen Nutzen aus einer dritten unabhängigen Informationsquelle zieht, um den mathematischen Schluß für den Drei-Phasen-Strom zu erfüllen.

[0177] In den oben beschriebenen Implementierungen wird die unabhängige Information durch eine Vorrichtung zur Verfügung gestellt, welche in-line mit dem Coriolis-Durchflußmeßgerät installiert ist, welches auf dieselbe Drei-Phasen-Mischung trifft, d.h. den Wasseranteil-Testkopf 230. Der Wasseranteil-Testkopf 230, wie er oben unter Bezugnahme auf **Fig. 21-25** beschrieben ist, kann von jeglichen möglichen Technologien sein, enthaltend Mikrowelle, Kapazität, Kapazität-Induktivität, Nuklearmagnetresonanz, Infrarot und nahes Infrarot, und kann unter Verwendung einer Kombination dieser Arten von Wasseranteil-Testköpfen implementiert sein bzw. werden. Die Verwendung von anderen Arten von Wasseranteil-Meß- bzw. -Testköpfen (oder allgemein Flüssigkeitsanteils-Testköpfen) wird ebenso als innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung betrachtet.

[0178] Der Transmitter 104, wie er oben beschrieben ist, kann verwendet werden, um eine scheinbare Volumsdichte $\rho_{apparent}$ als auch eine scheinbare Volumsmassenströmungsrate $MF_{apparent}$ zur Verfügung zu stellen. Zwischenzeitlich kann in diesem Beispiel der Wasseranteil-Testkopf 230 verwendet werden, um eine scheinbare Wasseranteils-Messung $WC_{apparent}$ zu erhalten. Die Dichte des Öl-Wasser-Flüssigkeitsanteils nur der Drei-Phasen-Mischung kann derart aus der Wasseranteils-Information abgeleitet werden, wie dies in Gl. 31 gezeigt ist, wo, wie oben, Komponentenflüssigkeitsdichten bekannt sind oder beispielsweise gemäß Techniken erhalten werden können, welche ebenfalls oben beschrieben sind.

$$\rho_{liquid} = (1 - WC_{apparent}) \rho_{OIL} + WC_{apparent} \rho_w \quad \text{Gl. 31}$$

[0179] Der Gashohlraumanteil α , auf welchen oben Bezug genommen wurde, ist definiert als der Volumsanteil, welcher durch die Gasphase in der Drei-Phasen-Mischung eingenommen wird. Eine Definition von α in Termen von scheinbaren oder nicht-korrigierten Werten wird oben zur Verfügung gestellt und wird hier als Gl. 32 wiederholt:

$$\alpha_{apparent} = \frac{\rho_{apparent} - \rho_{liquid}}{\rho_{gas} - \rho_{liquid}} \quad \text{Gl. 32}$$

[0180] Die Dichte der Gasphase in Gl. 32 oben kann basierend auf einer unabhängigen Messung von Prozeßdruck und -temperatur berechnet werden. Beispielsweise kann ein Druck mit dem Drucktransmitter 225 gemessen werden, während die Temperatur entweder unabhängig unter Verwendung eines Temperaturtransmitters gemessen wird oder von der Temperatur des Coriolis-Durchflußmeßgeräts, beispielsweise dem Tem-

peratursensor 220, wie beispielsweise einem Widerstandstemperaturdetektor (RTD) erhalten wird. Eine Anwendung von beispielsweise American Gas Association (AGA) Algorithmen, welche in den Transmitter bzw. Meßwertgeber 104 aufgenommen sind, kann dann verwendet werden, um die Gasphasendichte zur Verfügung zu stellen.

[0181] In Gl. 32, und wie bereits unter Bezugnahme auf **Fig. 26** beschrieben, sind die berechnete Flüssigkeitsphasendichte (2604) und der Gashohlraumanteil (2606) basierend auf der Wasseranteil-Eingabe Näherungen, da die Wasseranteilmessung selbst durch das Vorhandensein von Gas beeinflusst ist bzw. wird, welche bisher unbekannt ist. Eine Lösungstechnik, um zu der korrekten Flüssigkeitsphasendichte und dem korrekten Gashohlraumanteil zu konvergieren bzw. zu gelangen, kann dann verwendet werden, wie dies in **Fig. 26** gezeigt ist.

[0182] Spezifisch wird nachfolgend auf eine Anwendung von Massenstrom- und Volumsdichtekorrekturen ein aktualisierter Gashohlraumanteil erhalten (2610, 2606). Dieser aktualisierte Wert des Gashohlraumanteils wird dann an die Wasseranteil-Auslesung angewandt, um den Effekt des Vorhandenseins von Gas zu korrigieren (2612, 2602).

[0183] Für jede spezifische Wasseranteilsvorrichtung kann der Zusammenhang zwischen Wasseranteil bzw. Watercut und dem Effekt des Gashohlraumanteils bekannt sein, wie dies in Gl. 33 gezeigt ist:

$$WC_{\text{apparent}} = f(\alpha_{\text{apparent}}, \rho_{\text{apparent}}, MF_{\text{apparent}}, \text{andere}) \quad \text{Gl. 33}$$

[0184] D.h., eine scheinbare Wasseranteilmessung kann eine Funktion von vielen unterschiedlichen Parametern sein, so daß eine korrigierte Wasseranteilmessung $WC_{\text{corrected}}$ allgemein eine Funktion derselben Parameter, von korrigierten Werten dieser Parameter und/oder der scheinbaren Wasseranteilmessung selbst sein kann.

[0185] Mit der aktualisierten Wasseranteilsablesung wird der Prozeß bzw. das Verfahren, ausgehend von Gl. 31 wiederholt, bis geeignete Konvergenzkriterien erfüllt wurden. Dann können die korrigierte (Volums-) Massenströmungsrate, Dichte und der Hohlraumanteil der Drei-Phasen-Mischung bei Prozeßtemperatur berichtet werden.

[0186] Die individuelle volumetrische Strömungsrate von jeder Phase/Komponente wird dann auf Standardtemperatur berechnet und korrigiert, indem beispielsweise die American Petroleum Institute (API-) Gleichungen für Rohöl und erzeugtes Wasser und die AGA Algorithmen für erzeugtes Gas verwendet werden. Diese Funktionalitäten können auch in den Transmitter 104 aufgenommen sein bzw. werden.

[0187] Beispielsweise kann in einer Implementierung das Wasseranteil-Meßgerät 230 betätigbar bzw. betreibbar sein, um sein Meßsignal und Information direkt entweder in einen analogen oder digitalen Kommunikationsport bzw. -anschluß (Eingabe/Ausgabe) des Transmitters 104 zuzuführen. In einer anderen Implementierung ist das Wasseranteil-Meßgerät fähig, mit dem Transmitter 104 in einem bi-direktionalen Kommunikationsmodus zu kommunizieren. Als Teil dieser Implementierung ist das Wasseranteil-Meßgerät fähig, sein gemessenes Signal und die Information direkt in den Kommunikationsport des Transmitters 104 zuzuführen, wie dies soeben beschrieben wurde. Der Transmitter 104 kann auch fähig sein, Signale und Information zu dem Wasseranteil-Testkopf 230 zu senden.

[0188] **Fig. 27** ist ein Flußdiagramm 2700, welches ein zweites Beispiel der Techniken von **Fig. 25** illustriert. In **Fig. 27** ebenso wie in **Fig. 26** beginnt der Prozeß 2700 mit einer Bestimmung einer scheinbaren Wasseranteilmessung 2702.

[0189] Dann kann die Wasseranteilmessung verwendet werden, um eine Dichte der gesamten flüssigen Komponente (beispielsweise eine Dichte eines kombinierten Öl- und Wasseranteils des Drei-Phasen-Stroms), möglicherweise unter Verwendung von Gl. 31 zu bestimmen (2704). Eine scheinbare Volums- bzw. Gesamtdichte des Mehr-Phasen-Stroms oder ein scheinbarer Dichteabfall, wie oben beschrieben, können bestimmt werden (2706), und ein scheinbarer Gashohlraumanteil kann entweder unabhängig von der scheinbaren Volumsdichte oder basierend darauf bestimmt werden (2708). In ähnlicher Weise kann dann eine scheinbare Massenströmungsrate der gesamten flüssigen bzw. Flüssigkeitskomponente berechnet werden (2710), indem einige oder alle der vorher berechneten Parameter verwendet werden.

[0190] An diesem Punkt können erste Werte für die korrigierte Volumsdichte und korrigierte Volumsmassenströmungsrate bestimmt werden (2712). Dann können Werte für einen korrigierten Gashohlraumanteil (2714), eine korrigierte Gesamtflüssigkeitskomponenten-Massenströmungsrate (2716) und eine überarbeitete oder korrigierte Wasseranteilmessung (2718) bestimmt werden.

[0191] Mit der überarbeiteten Wasseranteilmessung und anderen Parametern kann eine überarbeitete bzw. revidierte Gashohlraumanteilmessung erhalten werden. Dann können, wie gezeigt, weitere Korrekturen an den Volumsmassenströmungsraten und der Volumsdichte durchgeführt werden und dieser Prozeß kann wiederholt werden, bis ein geeignetes Niveau einer Korrektur erreicht ist. Und es können, wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 25** und **Fig. 26** beschrieben, Ausgaben für die korrigierte Volumsmassenströmungsrate, korrigierte Volumsdichte, korrigierte Wasseranteilmessung und/oder korrigierten Gashohlraumanteilmessungen erhalten werden. Obwohl nicht explizit in **Fig. 27** illustriert, können Massenströmungsraten für die drei individuellen Komponenten des Mehrphasenstroms erhalten werden.

[0192] **Fig. 28** ist ein Flußdiagramm 2800, welches ein drittes Beispiel der Techniken von **Fig. 25** illustriert. Der Prozeß von **Fig. 28** beginnt, wie in dem Prozeß 2700, mit Bestimmungen von Wasseranteilmessungen, gesamter bzw. Gesamtflüssigkeitsdichte und scheinbarer Bulk- bzw. Volumsdichte (2702, 2704, 2706). Dann wird eine scheinbare Volumsmassenströmungsrate bestimmt (2802).

[0193] Basierend auf dieser Information können korrigierte Werte für Volumsdichte und Volumsmassenströmungsrate bestimmt werden (2804). Dann kann eine Gasdichte beispielsweise als eine Funktion von Druck und Temperatur bestimmt werden (2806). Dementsprechend kann ein Gashohlraumanteil bestimmt (2808) und korrigiert (2810) werden. Unter Verwendung des korrigierten Gashohlraumanteils kann eine überarbeitete Wasseranteilmessung bestimmt werden (2812), und verwendet werden, um eine verbesserte Flüssigkeitsdichte zu berechnen, und der Prozeß wiederholt werden, bis ein zufriedenstellendes Resultat erreicht ist bzw. wird.

[0194] Wie mit bzw. bei **Fig. 26**, und in Kombination mit der Diskussion davon, werden spezifische Beispiele, Gleichungen und Techniken unten für eine Implementierung der Prozesse von **Fig. 27** oder **Fig. 28** präsentiert. Selbstverständlich können auch andere Techniken verwendet werden.

[0195] Der Wasseranteil-Testkopf 230 oder ein anderes Instrument, wie oben beschrieben, stellt eine Messung des volumetrischen Verhältnisses bzw. Anteils von Wasser zu der gesamten bzw. Bulkflüssigkeit in der flüssigen Phase zur Verfügung, wie dies in Gl. 34 gezeigt ist (2702), wo der Wasseranteilswert WC einleitend einen scheinbaren Wasseranteilswert repräsentiert (d.h. berechnet basierend auf scheinbaren Werten von Massenstrom und Dichte), welcher verbessert oder korrigiert werden kann, wenn die Prozesse ablaufen, wie bereits beschrieben:

$$WC = \frac{VF_w}{VF_w + VF_{oil}} = \frac{\frac{MF_w}{\rho_w}}{\frac{MF_w}{\rho_w} + \frac{MF_{oil}}{\rho_{oil}}} \quad \text{Gl. 34}$$

[0196] Das Durchflußmeßgerät ist daher fähig, die Wasseranteilmessung zu verwenden, um die Flüssigkeitsphasendichte zu berechnen, wie dies in Gl. 31 gezeigt ist (2704). Daraus ist das Durchflußmeßgerät fähig, den scheinbaren Abfall in der Dichte zu bestimmen, welcher durch das Vorhandensein des Gases bewirkt wird, wie dies oben unter Bezugnahme beispielsweise auf eine normalisierte Gl. 23 diskutiert ist, welche hier der Einfachheit halber reproduziert wird:

$$\Delta\rho_{apparent} = \frac{\rho_{liquid} - \rho_{apparent}}{\rho_{liquid}} \quad \text{Gl. 23}$$

und, wie oben beschrieben, einen Korrekturalgorithmus gemäß der Orientierung bzw. Ausrichtung des Meßgeräts anzuwenden bzw. anzulegen, eine kubische Form von Gl. 17 anzuwenden, welche der Einfachheit bzw. Bequemlichkeit halber reproduziert wird:

$$\Delta\rho_{true} = \sum_{i=1}^M \alpha_i (\Delta\rho_{apparent})^i \quad \text{Gl. 17}$$

und eine korrigierte Mischungsdichte unter Verwendung von Gl. 35 zu bestimmen:

$$\rho_{true} = (1 - \Delta\rho_{true}) \rho_{liquid} \quad \text{Gl. 35}$$

welche verwendet werden kann, um eine „beste Abschätzung“ des Gashohlraumanteils zu berechnen, der oben durch Gl. 32 definiert ist.

[0197] Andere Techniken zur Verwendung mit den Prozessen von **Fig. 25-28** sollten aus der obigen Diskussion von ähnlichen Berechnungen im Kontext beispielsweise des Zwei-Phasen-(beispielsweise Flüssigkeit und Gas) -Stroms verstanden sein bzw. werden. Insbesondere sollte verstanden werden, daß einige oder alle der Gleichungen, welche in einer Zwei-Phasen-Umgebung verwendet werden, in bezug auf einen Drei-Phasen-Fluß anwendbar sein können, insofern als ein Drei-Phasen-Fluß von beispielsweise Öl, Wasser und Gas betrachtet werden kann, ein Zwei-Phasen-Fluß von Gas mit einer Öl/Wasser-Mischung zu sein. Noch andere Techniken zum Verwenden der Systeme von **Fig. 21-24** sind bzw. werden unten unter Bezugnahme auf Daten beschrieben, welche im Hinblick auf spezifische Verwendungen und Implementierungen davon gesammelt sind.

[0198] **Fig. 29** ist ein Flußdiagramm 2900, welches Techniken zum Bestimmen von Komponentenfluß- bzw. -strömungsraten für einen Drei-Phasen-Fluß illustriert. D.h., **Fig. 29** entspricht einer detaillierteren Ansicht einer Bestimmung von Komponentenströmungsraten, wie dies in **Fig. 25** gezeigt ist (2512).

[0199] In **Fig. 29** werden die Parameter einer korrigierten Volumsmassenströmungsraten, korrigierten Gesamt- bzw. Bulk- bzw. Volumsdichte, und eines korrigierten Gashohlraumanteils (und/oder eines korrigierten Wasseranteils) eingegeben (2902). Dann wird eine korrigierte Flüssigkeitsströmungsraten bestimmt (2904), d.h. eine Fluß- bzw. Strömungsraten der Mischung der zwei Flüssigkeiten (beispielsweise Öl und Wasser) in dem Drei-Phasen-Strom.

[0200] Eine Massenströmungsraten einer ersten flüssigen bzw. Flüssigkeitskomponente (beispielsweise Wasser) wird dann bestimmt (2906), gefolgt durch eine Bestimmung einer Massenströmungsraten der zweiten flüssigen bzw. Flüssigkeitskomponente (beispielsweise Öl) (2908). Schließlich kann der korrigierte Dichte-, Gashohlraumanteil- und/oder Wasseranteilswert verwendet werden, um eine Massenströmungsraten der Gaskomponente des Drei-Phasen-Stroms zu bestimmen (2910).

[0201] **Fig. 30** ist ein Flußdiagramm 3000, welches Beispiele von spezifischeren Techniken zum Durchführen der Bestimmungen von **Fig. 29** illustriert. In **Fig. 30** sollte verstanden werden, daß die korrigierten Massenströmungsraten der Flüssigkeit und ihre Komponenten unabhängig von den korrigierten Dichte- oder Gashohlraumanteilmessungen bestimmt werden.

[0202] Spezifisch wird ein scheinbarer Gashohlraumanteil unter Verwendung von Gl. 32 oben bestimmt (3002). Dann wird eine scheinbare Gasströmungsraten bestimmt (3004) unter Verwendung von Gl. 36:

$$MF_{apparent}^{gas} = \alpha_{apparent} \left(\frac{\rho_{gas}}{\rho_{apparent}} \right) MF_{apparent} = \left(\frac{\rho_{gas}}{\rho_{liquid} - \rho_{gas}} \right) \left(\frac{\rho_{light} - \rho_{apparent}}{\rho_{apparent}} \right) MF_{apparent} \quad \text{Gl. 36}$$

[0203] Dann wird eine scheinbare Oberflächengasgeschwindigkeit bestimmt (3006). Die scheinbare Oberflächengasgeschwindigkeit kann durch die Volumsströmungsraten dividiert durch die Durchflußrohr-Querschnittsfläche A_v , berechnet werden, wie oben gezeigt und hier in Gl. 1 reproduziert:

$$SV^{gas} = \frac{MF^{gas}}{\rho_{gas} A_v} \quad \text{Gl. 1}$$

[0204] Eine scheinbare Flüssigkeitsströmungsraten kann dann bestimmt werden (3008). Die scheinbare Flüssigkeitsphasen-Massenströmungsraten kann aus der scheinbaren Volumsmassenströmungsraten und dem scheinbaren Gashohlraumanteil unter Verwendung von Gl. 37 abgeleitet werden:

$$MF_{apparent}^{liquid} = MF_{apparent} - MF_{apparent}^{gas} = (1 - \alpha_{apparent}) \left(\frac{\rho_{liquid}}{\rho_{apparent}} \right) MF_{apparent} \quad \text{Gl. 37}$$

[0205] Eine scheinbare Oberflächenflüssigkeitsgeschwindigkeit kann dann bestimmt werden (3010). Um die scheinbare Oberflächenflüssigkeitsgeschwindigkeit zu finden, kann die Volumsstromrate der Flüssigkeit durch die Durchflußrohr-Querschnittsfläche A_γ dividiert werden, wie dies oben gezeigt und hier in Gl. 2 reproduziert ist:

$$SV^{liquid} = \frac{MF^{liquid}}{\rho_{gas} A_\gamma} \quad \text{Gl. 2}$$

[0206] Dann wird eine Fehlerrate für eine Flüssigkeitsmassenströmungsmessung bestimmt (3012). Dieser Fehler in der scheinbaren Flüssigkeitsmassenströmungsmessung kann als ein Anteil des wahren Flüssigkeitsmassenstroms definiert sein bzw. werden, wie dies in Gl. 38 gezeigt ist:

$$Fehler(MF_{apparent}^{liquid}) = \left[\frac{MF_{apparent}^{liquid} - MF_{true}^{liquid}}{MF_{true}^{liquid}} \right] \quad \text{Gl. 38}$$

[0207] Dieser anteilige Flüssigkeitsmassenströmungsfehler als eine Funktion von sowohl einem scheinbaren Oberflächenflüssigkeits- als auch scheinbaren Oberflächengasstrom (normalisiert) kann unter Verwendung eines Polynomausdrucks abgeschätzt werden, der in Gl. 39 gezeigt ist, wo der Fehlerterm e_f^c gezeigt ist, um einen korrigierten Fehler für den Flüssigkeitsmassenstrom anzuzeigen:

$$v_{In}^n = \frac{v_l^n}{v_{l \max}}, v_{gn}^n = \frac{v_g^n}{v_{g \max}} \quad \text{Gl. 39}$$

$$e_f^c = \alpha_1 v_{gn}^n \cdot e^{\alpha_2 v_{gn}^{\alpha_2} + \alpha_3 v_{gn}^{\alpha_3} + \alpha_4 v_{In}^{\alpha_4} + \alpha_5 v_{In}^{\alpha_5} + \alpha_6 v_{gn}^{\alpha_6} + \alpha_7 v_{gn}^{\alpha_7} + \alpha_8 v_{In}^{\alpha_8} + \alpha_9 v_{In}^{\alpha_9}}$$

[0208] In Gl. 39 wird aufgrund der Größe des Ausdrucks (der Ausdrücke) die folgende Notation verwendet:

v_{In}^α bezieht sich auf einen normalisierten scheinbaren Flüssigkeitsstrom (wobei „l“ durch „g“ in dem tiefgestellten Zeichen für den entsprechenden Gasparameter ersetzt wird), wo eine Normalisierung beispielsweise auf (einer) maximalen möglichen Strömungsrate(n) basiert, wie dies durch $v_{l \max}$ und $v_{g \max}$ angedeutet ist.

[0209] Eine korrigierte Flüssigkeitsmassen-Strömungsratenmessung kann bestimmt werden (3014), indem Gl. 38 und 39 verwendet werden, welche hier als Gl. 40 ausgedrückt sind:

$$MF_{corrected}^{liquid} = \left(\frac{MF_{apparent}^{liquid}}{1 + error(MF_{apparent}^{liquid})} \right) \quad \text{Gl. 40}$$

[0210] Dann können der Wasseranteil und die Komponentendichten bestimmt werden (3016) oder unter Verwendung der oben beschriebenen Techniken erhalten werden, und verwendet werden, um eine korrigierte Ölflußrate und korrigierte Wasserflußrate zu bestimmen (3018). Dann kann unter Verwendung der korrigierten Volumsdichte und des korrigierten Gashohlraumsanteils (3020) eine korrigierte Gasströmungsratenmessung bestimmt werden (3022).

[0211] Beispielsweise können die Wasser- und Ölmassenströmungsraten unter Verwendung von Gl. 41 und 42 berechnet werden:

$$MF_{corrected}^{water} = WC_{corrected} \left(\frac{\rho_{water}}{\rho_{corrected}^{liquid}} \right) MF_{corrected}^{liquid} \quad \text{Gl. 41}$$

$$MF_{corrected}^{oil} = (1 - WC_{corrected}) \left(\frac{\rho_{oil}}{\rho_{corrected}^{liquid}} \right) MF_{corrected}^{liquid} \quad \text{Gl. 42}$$

[0212] Dann kann unter Verwendung der korrigierten Mischungsdichte (oder des korrigierten Gashohlraumsanteils) die Gasmassenströmungsratenmessung unter Verwendung von Gl. 43 und 44 bestimmt werden:

$$\begin{aligned}
 MF_{corrected}^{gas} &= \alpha_{corrected} \left(\frac{\rho_{gas}}{\rho_{corrected}} \right) MF_{corrected} = \left(\frac{\alpha_{corrected}}{1 - \alpha_{corrected}} \right) \left(\frac{\rho_{gas}}{\rho_{corrected}} \right) MF_{corrected}^{liquid} = \\
 &= \left(\frac{\rho_{gas}}{\rho_{corrected}} \right) \left(\frac{\rho_{corrected}^{liquid} - \rho_{corrected}}{\rho_{corrected} - \rho_{gas}} \right) MF_{corrected}^{liquid}
 \end{aligned}
 \tag{Gl. 43}$$

$$\begin{aligned}
 MF_{corrected}^{gas} &= \alpha_{corrected} \left(\frac{\rho_{gas}}{\rho_{corrected}} \right) MF_{corrected} = \left(\frac{\alpha_{corrected}}{1 - \alpha_{corrected}} \right) \left(\frac{\rho_{gas}}{\rho_{corrected}} \right) MF_{corrected}^{liquid} = \\
 &= \left(\frac{\rho_{gas}}{\rho_{corrected}} \right) \left(\frac{\rho_{corrected}^{liquid} - \rho_{corrected}}{\rho_{corrected} - \rho_{gas}} \right) MF_{corrected}^{liquid}
 \end{aligned}
 \tag{Gl. 44}$$

[0213] Es sollte verstanden werden, daß es basierend auf den Einzelphasendichten bzw. Dichten der einzelnen Phasen und ihrer Abwandlung bzw. Änderung mit der Temperatur möglich ist, die Massenströme in Volumsströme bei einer Bezugs- bzw. Referenztemperatur umzuwandeln bzw. zu konvertieren.

[0214] In einigen Fällen kann es eine Unsicherheit in dem Polynomialfit bzw. der Polynomialanpassung an die Fehlerkurve geben, wo der Effekt dieser Unsicherheit auf die korrigierte Massenströmungsrate gegeben ist durch Gl. 45:

$$CE = \frac{(MF_{corrected}^{liquid} - MF_{true}^{liquid})}{MF_{true}^{liquid}} = \frac{(e_{apparent}^{liquid} - e_{true}^{liquid})}{(1 + e_{true}^{liquid})} \tag{Gl. 45}$$

[0215] Gl. 45 hilft auch zu erläutern, warum einige Daten große Fehler zeigen, wenn die Korrekturalgorithmen außerhalb eines getesteten Bereichs bzw. einer getesteten Region verwendet werden. Beispielsweise ist, wenn der berechnete Fehler bei einer gegebenen Strömungsrate -70 % ist, jedoch der wahre bzw. tatsächliche Fehler -75 % ist, dann der Modellfehler nur 5 %, jedoch der Fehler in dem korrigierten Massenstrom ist:

$$\frac{-0,7 + 0,75}{1 - 0,75} = 0,2 = 20\%$$

[0216] Eine derartige Berechnung kann auch in Zwei-Phasen-Strom-Modellierresultaten, wie oben beschrieben, verwendet werden, um einen resultierenden Restfehler beim Modellieren zu berücksichtigen. In einer Implementierung kann der Fit der kleinsten Quadrate des Modells modifiziert werden, um den resultierenden Massenstromfehler eher als den Modellfehler zu minimieren. Darüber hinaus kann, allgemein gesprochen, von einem Durchflußrohr erwartet werden, daß es geringe Massenstromfehler zeigt, so daß, wenn von einem Durchflußmeßgerät erwartet wird, große Fehler zu korrigieren, dann das Fehlermodellieren (und somit experimentelle Daten) relativ wichtig werden.

[0217] Somit werden, wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 30** beschrieben, scheinbare Oberflächengeschwindigkeiten verwendet, um Massenstromkorrekturen auszuführen, um die Volumsdichtekorrektur von der Flüssigkeitsmassenstromkorrektur zu entkoppeln.

[0218] **Fig. 31A-31D** sind Graphen, welche eine Korrektur einer Massenströmungsrate einer Zwei-Phasen-Flüssigkeit in einem Drei-Phasen-Strom illustrieren. **Fig. 31A-31D** zeigen die vorhergesagten Flüssigkeitsmassenstromfehler, wenn der 3-Phasen-Strom-Korrekturalgorithmus auf Daten angewandt wird, welche aus vier Versuchen von Öl+Wasser+Gas unter Verwendung einer vertikalen Orientierung erhalten werden. **Fig. 31A-31D** zeigen, daß die grundlegende bzw. Basiskorrekturkurve innerhalb von 5 % für alle außer den höchsten Gasströmen arbeitet bzw. zutrifft, welche außerhalb des für ein Modellieren verwendeten Bereichs von Daten sind.

[0219] **Fig. 32** ist ein Graph, welcher einen Massenstromfehler als eine Funktion einer Massenstromrate für Öl und Wasser zeigt. **Fig. 33** ist ein Graph, welcher einen Gashohlraumanteilsfehler als eine Funktion des wahren Gashohlraumanteils zeigt. **Fig. 32** und **Fig. 33** illustrieren die Fehler beim Abschätzen der drei Massenstromfraktionen bzw. -anteile durch eine Kalkulationstabellenimplementierung der obigen Algorithmen.

[0220] Es sollte festgestellt werden, daß die aktuelle bzw. tatsächliche Bestimmung des Gasmassenstroms durch eine Unsicherheit in der Mischungsdichte und eine relative Differenz in der Dichte zwischen der flüssigen und Gasphase beeinflusst werden kann. Es sollte auch verstanden werden, daß das Dichtekorrekturpolynom, welches oben diskutiert wurde, mehr oder weniger abhängig von beispielsweise einer Durchflußrohrorientierung anwendbar sein kann. Als ein Resultat kann beispielsweise ein horizontaler Fluß bzw. Strom in einem geringeren Fehler als ein vertikaler Fluß bzw. Strom oder umgekehrt resultieren.

[0221] In dem oben beschriebenen Ansatz kann die Verwendung von Oberflächenflüssigkeits- und -gasgeschwindigkeiten den Korrekturalgorithmen ermöglichen, eine Kenntnis der angetroffenen Mehr-Phasen-Strömungsregime zu enthalten, wobei dies zu besseren Korrekturalgorithmen führen kann.

[0222] Die Resultate an praktischen Daten zeigen bzw. deuten an, daß die Korrekturpolynomialkurven davon profitieren können, daß sie an Daten entworfen bzw. für diese ausgebildet sind, welche die erwarteten Strömungsbereiche überspannen bzw. übergreifen, und welche „eingeschlossen“ sind, um falsche bzw. unechte Resultate zu vermeiden, wenn sie an Daten außerhalb des bekannten Bereichs ausgesetzt sind.

[0223] Obwohl die oben diskutierten Implementierungen eine Verwendung eines externen Wasseranteil-Testkopfs oder einer ähnlichen Technik machen, könnten andere Implementierungen verwendet werden, welche auf dem externen Hohlraumanteilssensor/Meßgerät 235 und/oder andere Eingabeparameter zurückgreifen.

[0224] Zusätzlich können, wie oben erwähnt, andere Vorrichtungen, wie beispielsweise jene, welche zur Bestimmung eines „Ölanteils“ bzw. „Oil-Cuts“ anstelle eines Wasseranteils ausgebildet sind, verwendet werden. Darüber hinaus kann, wenn Öl und Wasser in einer Mischung gut getrennte Dichten aufweisen, ein Probennahmesystem verwendet werden, welches eine repräsentative Probe der Mischung entnimmt, sie entgast und ein Coriolis-Meßgerät verwendet, um den Wasseranteil zu bestimmen.

[0225] Wie oben beschrieben, kann in dem Fall eines Zwei-Phasen-Stroms mit einer einzigen Flüssigkeit eine Kenntnis der Flüssigkeits- und Gasdichte bei der Betriebstemperatur und dem Betriebsdruck mit den korrigierten Dichte- und Massenstrommessungen verwendet werden, um jede der Flüssigkeits- und Gasmassenströmungsraten und dadurch den Flüssigkeits- und Gasvolumenfluß zu berechnen.

[0226] In dem Fall eines Drei-Phasen-Stroms bzw. -Flusses können zusätzlich externe Messungen verwendet werden, um die Abschätzung eines Gasmassenstroms und des Massenstroms von jeder der zwei Flüssigkeiten zu ermöglichen. In dem Fall einer flüssigen Wasser- und Ölmischung kann der Wasseranteil der Mischung stromaufwärts des Coriolis-Meßgeräts gemessen werden, wie dies oben erläutert und illustriert wurde. In einer Implementierung kann angenommen werden, daß die zwei Flüssigkeiten nicht in einer derartigen Weise interagieren bzw. aufeinander einwirken, um die Annahme ungültig zu machen, daß die Mischung der zwei Flüssigkeiten sich als eine einzige Flüssigkeit verhalten würde, insoweit die Interaktion bzw. das Zusammenwirken mit der Gasphase betroffen ist. Diese Annahme macht den Drei-Phasen-Strom eine Erstreckung des Zwei-Phasen-Stroms mit einer einzigen Flüssigkeit, wobei die zusätzlichen Messungen verwendet werden, um die Dichte der gemischten Flüssigkeit zu bestimmen und die getrennten Flüssigkeitsmassenströme zu entkoppeln, nachdem die Zwei-Phasen-Strom-Berechnungen angewandt sind bzw. werden.

[0227] Wie darüber hinaus oben diskutiert, wird ein Coriolis-Meßgerät allgemein sowohl die Mischungsdichte als auch den Mischungsmassenstrom einer Flüssigkeits/Gasmischung zu gering auslesen. Um diese Fehler in diesen Rohmessungen zu kompensieren und die wahren Meßwerte abzuschätzen, kann ein Modell für die Fehleroberflächen verwendet werden, um eine Abbildung zwischen der Rohdichte und Massenstrommessungen, und die Werte der Rohmessungsfehler sowohl für Massenstrom als auch Dichtemessungen zu finden, d.h. ein Datenfitten bzw. -anpassen durchzuführen.

[0228] Wie bereits ausgeführt, kann sowohl die Dichte- als auch Massenstromfehlerkurve von vielen Faktoren abhängen, wie beispielsweise Meßgerätgröße, Meßgerätorientierung (beispielsweise horizontal gegenüber vertikal), und einem nominellen bzw. Nenn-Flüssigkeitsmassenstrom. Dementsprechend können Korrekturen für jede individuelle Meßgerätgröße und -orientierung entwickelt werden. In anderen Implementierungen können die Kompensationen gemäß der Meßgerätgröße skaliert und/oder gemäß der Meßgerätausrichtung eingestellt werden. Beispielsweise illustriert **Fig. 24** Fehlermodelle, welche unter Verwendung von neuronalen Netzwerken implementiert werden können.

[0229] Fig. 34 zeigt eine spezielle Form eines neuronalen Netzwerkmodells, des Multilayer-Perzeptron (MLP), wobei lediglich zwei Lagen bzw. Schichten von Gewichten 3412, 3414 und sigmoidalen verborgenen Einheiten 3408, wobei demonstriert wurde, fähig zu sein, jegliche kontinuierliche Abbildungsfunktion auf eine willkürliche Genauigkeit anzunähern (vorausgesetzt, daß die Anzahl von verborgenen Einheiten ausreichend groß ist), wobei dies auch als die Universalitätseigenschaften bezeichnet wird. Dies wird intuitiv durch die Idee bzw. Überlegung unterstützt, daß jegliches vernünftige, funktionale Abbilden mit beliebiger Genauigkeit durch eine lineare Überlagerung (welche durch die Ausgabeeinheiten-Aktivierungsfunktionen durchgeführt werden) einer ausreichend großen Anzahl von nicht-linearen Funktionen angenähert werden kann (welche die Aktivierungsfunktion der verborgenen Einheiten repräsentieren). Darüber hinaus sind, da es ein Feed-Forward-Netzwerk ist (d.h. es keine internen Schleifen in Daten gibt, welche von Eingängen zu Ausgängen strömen), seine Eingaben deterministische Funktionen der Eingaben, welche das gesamte Netzwerk äquivalent zu einer mehrdimensionalen, nicht-linearen, funktionellen Abbildung machen.

[0230] Für das Design bzw. die Ausbildung einer flexiblen Kompensationstechnik für Zwei- und Drei-Phasen-Strom-Fehler in einem Coriolis-Meßgerät präsentieren die Modelle eines neuronalen Netzwerks wenigstens die folgenden vorteilhaften Merkmale bzw. Eigenschaften. Beispielsweise stellen derartige Modelle die Fähigkeit zur Verfügung, ein nicht-lineares, funktionelles Abbilden aus einer ausreichend großen und repräsentativen Datenbank von relevanten Messungen ohne vorhergehende Kenntnis des zugrunde liegenden physikalischen Modells des Prozesses abzuleiten. Ein derartiges Merkmal kann insbesondere vorteilhaft in dem Beispiel des Zwei/Drei-Phasen-Fluß-Kompensationsproblems sein, wo tatsächliche physikalische Prozesse innerhalb des Rohrs schwierig zu erhalten sein können.

[0231] Darüber hinaus kann eine Entwicklungszeit für eine annehmbare bzw. erstrebenswerte Lösung für ein spezielles Problem signifikant im Vergleich zu anderen Datenfit- bzw. -anpassungstechniken reduziert werden, welche auf einer Domänen-Expertise beruhen können. Beispielsweise kann in dem speziellen Fall einer Zwei-Phasen-Fluß-Kompensation der Meßgerätgröße/Orientierung/Art vollständig die Form bzw. Gestalt der Rohrmessungsoberfläche ändern, und für eine konventionelle Datentechnik kann dies einen Prozeß eines Findens einer anderen Form für das funktionelle Abbilden implizieren, für welche nicht garantiert ist, daß sie eine Lösung in einer vernünftigen Zeit findet. Im Gegensatz dazu kann unter Verwendung derselben neuronalen Netzwerkarchitektur das neurale Netzwerktraining die „beste“ (im Sinn der gewählten Kostenfunktion, um das Netzwerktraining zu steuern bzw. regeln) Lösung für die verfügbaren Daten durch ein Anpassen bzw. Einstellen ihrer internen Parameter während des Trainingsprozesses finden.

[0232] Die folgende Diskussion stellt eine Erklärung eines Beispiels eines neuronalen Netzwerks, d.h. eines MLP-Modells zur Verfügung. Spezifisch ist **Fig. 34** eine graphische Repräsentation des MLP-Modells.

[0233] Um Rohrmessungs-Fehleroberflächen für Dichte und Massenstrom, wie oben diskutiert, zu modellieren, kann ein funktionelles Abbilden durch $\text{MeasError} = F(\text{dd}, \text{m})$ gegeben werden, mit dd dem scheinbaren Abfall in der Mischungsdichte und m dem scheinbaren Massenstrom der Flüssigkeit. Es sollte festgehalten bzw. festgestellt werden, daß diese Notation geringfügig unterschiedlich von der obigen Notation für dieselben Parameter, d.h. $\Delta\rho$ bzw. MF ist.

[0234] Fig. 34 illustriert derart ein Mehrschicht- bzw. Multilayer-Perzeptron (MLP) Modell mit zwei Eingaben (dd 3402 und m 3404) und einer Ausgabe (MeasError 3406). Das Verhalten jeder Einheit wird graphisch in **Fig. 35** repräsentiert bzw. dargestellt.

[0235] Eine Ausgabe y 3510 einer Einheit kann durch ein Anlegen bzw. Anwenden einer Aktivierungsfunktion f 3502 an die gewichteten Summen 3504 der n Eingabeeinheiten x_i 3506 gegeben werden, um derart eine Einheitsfunktion 3508 zu definieren, wie sie in **Fig. 35** und in Gl. 46 gezeigt ist:

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i\right) \quad \text{Gl. 46}$$

[0236] In allgemeinen Termen ist ein MLP eine feed-forward bzw. vorwärts gekoppelte neurale Netzwerkarchitektur mit verschiedenen Schichten bzw. Lagen von Einheiten. Vorwärts gekoppelt zu sein bedeutet, daß die Daten monoton von Eingängen zu Ausgängen ohne innere Schleifen strömen bzw. fließen; dies stellt sicher, daß die Ausgabenfunktion deterministisch ist. Um die Universalitätseigenschaften sicherzustellen, kann das MLP, welches für die Zwei-Phasen-Fluß-Meßfehlerkompensation verwendet wird, eine zweilagige Architektur mit sigmoidalen Aktivierungsfunktionen für verborgene Einheiten 3308 und einer linearen Aktivierungsfunktion für die Ausgabeeinheit 3410 sein.

[0237] In diesem Fall kann die sigmoidale Aktivierungsfunktion gegeben werden durch $\text{sig}(a) = \frac{1}{1 + e^{-a}}$, während die lineare Aktivierungsfunktion repräsentiert werden kann als $\text{lin}(a) = a$.

[0238] Dann kann eine Ausgabe des MLP, welche als eine Funktion der Eingabe verwendet wird, geschrieben werden wie in Gl. 47:

$$\text{MeasError} = \sum_{i=1}^{nh} w_i^{\text{output}} \text{sig}(w_1^{\text{input}} dd + w_2^{\text{input}} \dot{m}) = \sum_{i=1}^{nh} w_i^{\text{output}} \frac{1}{1 - e^{-(w_1^{\text{input}} dd + w_2^{\text{input}} \dot{m})}} \quad \text{Gl. 47}$$

[0239] D.h., Gl. 47 repräsentiert eine nicht-lineare Funktion in einem scheinbaren Abfall in der Mischungsdichte und dem Massenstrom, mit nh der Anzahl von verborgenen Einheiten 3408.

[0240] Die Netzwerkparameter w^{input} , w^{output} und nh können während eines Prozesses, welcher Netzwerktraining genannt wird, im wesentlichen einer Optimierung einer Kostenfunktion bestimmt werden. Wie oben erwähnt, muß, um die Universalitätseigenschaft sicherzustellen, nh ausreichend groß sein (dies diktiert tatsächlich bzw. eigentlich den Grad einer Freiheit für das Modell, somit seine Komplexität). Es sollte jedoch dieser Wert geeignet gewählt werden; ein zu kleiner Wert kann zu einem schlechten Fitten bzw. zu einer schlechten Anpassung an die Trainingsdaten führen, während ein zu großer Wert zu schlechten Verallgemeinerungsfähigkeiten aufgrund eines Überanpassens der Trainingsdaten führen kann (die Parallele in dem Gebiet eines konventionellen Polynomdatenfittens ist der Grad des Polynoms).

[0241] Es gibt verschiedene Methoden zum Auswählen der Anzahl von verborgenen Einheiten 3408. Eine Technik ist, eine intensive Suche nach nh (innerhalb von vernünftigen Grenzen) durchzuführen und den Wert zu wählen, für welchen die beste Verallgemeinerung erzielt wird.

[0242] Das allgemeine Konzept einer Implementierung eines Trainingsprozesses wird unten beschrieben. Die Daten, welche für das Training verfügbar sind, werden in drei unabhängige Sätze unterteilt: den Trainingssatz (welcher verwendet wird, um iterativ die Werte der MLP-Gewichte bzw. -Gewichtungen zu ändern, um die Kostenfunktion zu minimieren); den Validisierungssatz (welcher verwendet wird, um das Training frühzeitig zu stoppen bzw. zu unterbrechen, um ein Überanpassen der Trainingsdaten zu vermeiden); und den Testsatz (welcher verwendet wird, um die Anzahl von verborgenen Einheiten auszuwählen).

[0243] In einer Implementierung startet das Netzwerktraining mit einem Ausgangssatz von Netzwerkgewichten $w_0 = (w^{\text{input}0}, w^{\text{output}0})$, und ändert diese nachfolgend, um eine vordefinierte Kostenfunktion, beispielsweise den mittleren quadratischen Fehler zu minimieren. Bei jeder derartigen Änderung können die Ausgaben des MLP entsprechend den Daten in dem Trainingssatz evaluiert bzw. ausgewertet werden, und die Werte der Gewichte werden gemäß einer bestimmten „Lernregel“ aktualisiert, wie dies in dem Gebiet des Designs bzw. einer Konstruktion eines neuronalen Netzwerks bekannt ist, um den Kostenfunktionswert über den Trainingssatz zu minimieren.

[0244] Die Kostenfunktion kann auch über den Validisierungssatz evaluiert bzw. ausgewertet werden, und das Training gestoppt werden, wenn diese anzusteigen beginnt, so daß ein geeigneter Kompromiß zwischen dem Fit bzw. der Anpassung der Trainingsdaten und den Verallgemeinerungsfähigkeiten erzielt werden kann. D.h., ein Überanpassen aus dem Training an eine Konvergenz über den Trainingssatz kann vermieden werden. Wenn genug Daten verfügbar sind, kann auch ein Testsatz verwendet werden, um die Leistung von einigen trainierten MLP, wie oben beschrieben, zu bewerten bzw. zu beurteilen, jedoch mit unterschiedlichen Anzahlen von verborgenen Einheiten, um die Architektur auszuwählen, welche die minimale Kostenfunktion über den Testsatz ergibt.

[0245] In dem Fall einer Massenfluß- bzw. -stromkompensation für einen Bereich eines niedrigen GVF kann die Kompensationsgenauigkeit erhöht werden, wenn dieser Bereich als getrennt von dem Rest angenommen und entsprechend modelliert wird. Ein derartiger Zugang (derartige Zugänge) legt (legen) die Verwendung eines „Komitees von Modellen“ nahe, welches auch als eine „Mischung von Experten“ bezeichnet wird, mit getrennten jedoch überlappenden Bereichen einer Expertise, um ein sanftes bzw. glattes Umschalten zwischen den Modellen zu ermöglichen.

[0246] Ein Beispiel eines derartigen Komitees, eines, welches verwendet wird, um die Rohmassenströmungsfehler für ein 1"-Durchflußrohr in einer vertikalen Ausrichtung zu kompensieren, ist:

Modell 1: 0-1,5 kg/s, 0-15 % GVF

Modell 2: 0-1,5 kg/s, 10 % GVF aufwärts

Modell 3: 1,2 kg/s aufwärts, 0-15 % GVF

Modell 4: 1,2 kg/s aufwärts, 10 % GVF aufwärts

[0247] Ein unterschiedliches Modell, welches als ein „Blanket- bzw. Decken-Modell“ bezeichnet wird, kann auch unter Verwendung des gesamten Bereichs -von Strömungen und GVFs trainiert werden. Das Blanket-Netzwerk kann verwendet werden, um eine ungefähre bzw. grobe Idee über den wahren Flüssigkeitsmassenstrom zur Verfügung zu stellen. Unter Verwendung dieser Abschätzung gemeinsam mit dem abgeschätzten wahren GVF (basierend auf dem Dichtekompensationsmodell), kann ein spezifisches Expertenmodell (oder eine Kombination von zwei Expertenmodellen, wenn die Daten in den Überlappungsbereich fallen) ausgewählt werden, und seine Kompensation angewandt werden.

[0248] Fig. 36A, Fig. 36B und Fig. 37A-D illustrieren Resultate von Zwei-Phasen-Strom-Daten, welche für ein 1"-Coriolis-Durchflußmeßgerät sowohl in einer horizontalen als auch vertikalen Anordnung mit Wasser und Luft gesammelt wurden. Fünfundfünfzig Strömungsleitungen wurden verwendet, mit einem nominellen bzw. Nennstrom, welcher von 0,35 kg/s bis 3,0 kg/s in Schritten von 0,025 kg/s reicht, mit typischen GVF-Schritten von 0,5 % und 1 % GVF (abhängig von dem nominellen bzw. Nennfluß- bzw. -strömungswert), wobei dies eine Gesamtheit von 3400 experimentellen Punkten für einen Durchschnitt von 45 Punkten pro Strömungsleitung gibt. Die entsprechenden Oberflächen für Rohdichte und Massenstromfehler sind in Fig. 36A bzw. Fig. 36B gegeben.

[0249] Basierend auf diesen Daten können Kompensationslösungen für Dichte- und Flüssigkeitsmassenstromfehler, wie oben beschrieben, abgeleitet und online unter Verwendung von unabhängigen Testdaten validiert bzw. bestätigt werden, wie dies in Fig. 37A-37D gezeigt ist. Die Modelleingaben für die Kompensa-

tionstechniken sind die rohe normali-sierte Flüssigkeitsoberflächengeschwindigkeit $v_{in}^a = \frac{v_I^a}{v_{I \max}} = \frac{MF_{\text{apparent}}^{\text{liquid}}}{A_{\tau} \rho_{\text{liquid}} v_{I \max}}$ (mit einer Notation, in welcher A_{τ} eine Querschnittsfläche des Durchflußrohrs und $v_{I \max}$ die maximale Oberflächengeschwindigkeit der Flüssigkeit und $MF_{\text{apparent}}^{\text{liquid}}$ eine Massenströmungsrate der Flüssigkeit repräsentiert) und der scheinbare Abfall in der Mischungsdichte.

[0250] Die Testdaten in diesem Beispiel enthielten dreizehn Strömungsleitungen, mit nominellen bzw. Nennströmungen, welche von 0,6 kg/s bis 3 kg/s in Schritten von 0,25 kg/s reichten, mit GVF-Schritten von 2 %, wobei dies eine Gesamtheit von 266 experimentellen Punkten, einen Durchschnitt von 20 Punkten pro Strömungsleitung ergab.

[0251] Fig. 38-68 sind Graphen, welche Test- und/oder Modellierresultate von verschiedenen Implementierungen, welche oben unter Bezugnahme auf Fig. 1-37 beschrieben wurden, oder von zugehörigen Implementierungen illustrieren. Spezifischer sind Fig. 38-68,- außer es ist unten etwas anderes angegeben, Graphen, welche Resultate von Drei-Phasen-Versuchen reflektieren bzw. darstellen, in welchen die verwendeten Fluide Rohöl mit einer 35° API-Schwere, simulierte Salzlauge (d.h. Salz-Wasser-Mischung) mit 2 Gew.-% NaCl, und Stickstoff waren. Die Tests wurden bei einem Druck von ungefähr 150 psig bei einer Temperatur von 100 °F durchgeführt.

[0252] In der folgenden Beschreibung und den Figuren wird auf die folgenden Testbedingungen Bezug genommen:

Test00wc - 4000 bpd

Test00wc - 6000 bpd

Test06wc - 3000 bpd

Test06wc - 4000 bpd

Test06wc - 6000 bpd

Test06wc - 8000 bpd

Test13wc - 3000 bpd
 Test13wc - 6000 bpd
 Test25wc - 3000 bpd
 Test25wc - 7000 bpd
 Test35wc - 3000 bpd
 Test35wc - 7000 bpd
 Test50wc - 3000 bpd
 Test50wc - 5000 bpd
 Test50wc - 7000 bpd
 Test50wc - 8000 bpd

[0253] In diesem Kontext illustrieren **Fig. 38A** und **Fig. 38B** einen durch Gas induzierten Fehler, welcher jeweils aus der Rohdichte- und Massenstrommessung des Coriolis-Meßgeräts resultiert.

[0254] **Fig. 39** illustriert die beobachtete Antwort des Wasseranteil-Testkopfs, welcher in diesem Versuch verwendet wird. Für diese spezielle Vorrichtung reduziert das Vorhandensein von freiem Gas den beobachteten Wasseranteil bzw. Watercut im Vergleich zu dem wahren Wert (für die gasfreie Öl-Wasser-Mischung), wobei dies monoton abnimmt, wenn der Gashohlraum bzw. -leerraum ansteigt. Die Antwort kann auch eine Funktion der gesamten bzw. Gesamtmassenrate und des intrinsischen Wasseranteils der flüssigen Phase unter anderen Faktoren sein. Für ein gegebenes Gashohlraumanteils- (GVF) -Niveau nimmt der beobachtete Wasseranteil bzw. Watercut allgemein ab, wenn die Gesamtmassenrate und der intrinsische Wasseranteil zunehmen. Die Wasseranteil-Antwortoberfläche kann auch durch Parameter, wie beispielsweise Fluideigenschaften und Strömungsregime beeinflusst sein bzw. werden.

[0255] **Fig. 40A-40C** illustrieren Restfehler für eine Gesamt- bzw. Volumsmischungsmassenströmung und -dichte und Wasseranteilmessungen, nachdem ein auf einem neuronalen Netz basierendes Modellieren basierend auf den Datensätzen, welche in **Fig. 38A**, **Fig. 38B** und **Fig. 39** gezeigt sind, mit Wasseranteilen, welche von 0 bis 50 % reichen, abgeschlossen wurde. Die Bulk- bzw. Volumsmassenströmungsfehler sind überwiegend innerhalb von 2 % einer Ablesung gehalten, die Volumsdichtefehler sind überwiegend innerhalb von 1 % einer Ablesung, und die Wasseranteilsfehler sind überwiegend innerhalb von 2 % des gesamten Bereichs von 0-100 %.

[0256] **Fig. 41** illustriert, wie diese Resultate in die entsprechenden Volumsströmungsfehler für den Öl-, Wasser- und Gasstrom übertragen werden. Es soll festgehalten werden, daß sowohl für das Gas- als auch Wasservolumen ein niedriger absoluter volumetrischer Fluß bzw. Strom (für Wasser bei niedrigen Wasseranteilen und Gas bei niedrigen GVFs) zu großen prozentuellen Fehlern als ein Anteil der Ablesung führen kann. Da der Ölstromanteil in diesen Versuchen signifikant sein kann, verbleiben die Fehler in Prozentangaben überwiegend innerhalb von 5 %.

[0257] **Fig. 42-47** sind Graphen, welche Techniken zum Erstrecken bzw. Erweitern von Massenstromberechnungen demonstrieren, um volumetrische Öl-, Wasser- und Gasablesungen zu generieren bzw. zu erzeugen. **Fig. 42-47** demonstrieren auch, wie Fehler in einer Wasseranteilsablesung die volumetrischen Öl-, Wasser- und Gasmessungen beeinflussen können.

[0258] In **Fig. 42-47** basieren Massenstrom- und Dichtefehlerkorrekturen auf den oben beschriebenen Ölar-ten, mit 6 % Wasseranteil und einem Bezugs- bzw. Referenzwasseranteilswert von 5,5 %. Da die Graphen selbst auch auf diesem Datensatz basieren, sind die Massenstrom- und Fehlerdichtevoraussagen relativ eng, welches nicht notwendigerweise mit der Demonstration übereinstimmt, wie eine Wasseranteilsgenauigkeit volumetrische Messungen beeinflusst.

[0259] Das Coriolis-Prinzip und zugehörige Techniken stellen, wie oben beschrieben, Abschätzungen für einen Gesamtmassenstrom und eine Dichte des dreiphasigen gemischten Fluids zur Verfügung. Eine Kenntnis der wahren bzw. tatsächlichen Fluidichten und (möglicherweise abgeschätzten oder korrigierten) Wasseranteils, gemeinsam mit Modellen der Zwei-Phasen-Stromfehler, gibt Abschätzungen der Massenströmungsrate lediglich des Fluids und des Gashohlraumanteils (GVF). Somit werden in **Fig. 42-47** abschließende Berechnungen illustriert, in welchen, da die Massenströmungsrate lediglich des Fluids und

der Wasseranteil gegeben sind, die volumetrischen Strömungsraten der Öl- und Gaskomponenten erhalten werden, während der GVF die volumetrische Gasströmungsraten ergibt.

[0260] Dementsprechend illustrieren **Fig. 42-44** die Berechnungen jeweils der volumetrischen Wasser-, Öl- und Gasströmungsraten unter der Annahme, daß der Wasseranteil perfekt bzw. vollständig bekannt ist. Unter dieser Annahme sind sowohl volumetrische Öl- als auch Wasserfehler dementsprechend gering, da sie hauptsächlich von den Restmodellfehlern für die Dichte- und Massenstromkorrektur abhängen, welche unter den Bedingungen klein sind.

[0261] Der volumetrische Gasstrom kann auch auf Fehler in der Dichteberechnung bei niedrigem GVF empfindlich sein, beispielsweise kann bei 2 % GVF ein absoluter Fehler von 1 % in der Abschätzung von GVF zu einem 50 % Fehler in dem abgeschätzten volumetrischen Gasstrom führen. Derartige große relative Fehler können allgemein mit relativen niedrigen Gasströmen assoziiert bzw. verbunden sein, und sind daher in Öl- und Gasanwendungen üblicherweise nicht signifikant, wie die hierin beschriebenen Beispiele.

[0262] **Fig. 45-47** illustrieren dieselben Berechnungen, wenn die Wasseranteilsabschätzung im Fehler +1 % absolut ist.

[0263] Dies ist ein vernünftiger Fehlerbereich, welcher eine Basismeßgenauigkeit erlaubt, welche durch Korrekturen für die Effekte des Zwei- oder Drei-Phasen-Flusses gefolgt ist.

[0264] Spezifischer illustriert **Fig. 45** den volumetrischen Wasserfehler mit +1 % absolutem Fehler des Wasseranteils. Der große mittlere Fehler ist etwa 16 %. In einem tatsächlichen Wasseranteil von lediglich 6 % des gesamten Flüssigkeitsvolumens kann ein Fehler von 1 % absolut in der Wasseranteilsabschätzung in ungefähr 16 % Überschätzung der volumetrischen Wasserströmungsraten resultieren.

[0265] **Fig. 46** illustriert, daß entsprechende Fehler für einen volumetrischen Ölfluß bzw. -strom viel geringer sind, wobei dies den geringeren Einfluß reflektiert, welchen der Wasseranteilsfehler von 1 % auf die Ölanteils- bzw. Ölcutmessung von 94 % hat. Schließlich illustriert **Fig. 47** den Einfluß des Wasseranteilsfehlers auf die Gasvolumenmessung. Somit kann gesehen werden, daß Gasstromfehler auf Wasseranteilsfehler bei geringem GVF anfällig bzw. empfindlich sind, wo dieser Einfluß mit bzw. bei höheren GVFs abnehmen kann.

[0266] **Fig. 49-50** sind Graphen, welche eine Korrektur einer Ablesung von einem Wasseranteil-Meßgerät (d.h. dem Phasendynamik-Wasseranteil-Meßgerät) für durch Gas induzierte Fehler illustrieren. Die Daten für **Fig. 48-50** basieren auf den oben beschriebenen Öldaten, mit nominellen Wasseranteilswerten von 0,0, 5,5, 13,1, 24,8, 35,6 und 50,0 %. Obwohl eine tatsächliche Wasseranteilsausgabe abgeschnitten ist, welche allgemein Null ist, erlauben Rohfrequenzdaten und charakteristische Gleichungen, welche mit Vorgängen des Wasseranteil-Meßgeräts assoziiert bzw. verbunden sind, erweiterte Wasseranteilmessungen, welche unter Null % fallen, wie dies gezeigt ist.

[0267] In diesem Zusammenhang hat das Wasseranteil-Meßgerät einen Fehler selbst bei 0 % GVF aufgrund des Vorhandenseins von Restmengen von Gas „carry-under“ aus dem Prozeß, wie folgt (in absoluten Wasseranteil-Einheiten) in bezug auf die bestimmten Testresultate, auf welche oben Bezug genommen wurde:

Test00wc - 4000 bpd: -0,52
 Test00wc - 6000 bpd: -1,91
 Test06wc - 3000 bpd: -0,89
 Test06wc - 4000 bpd: -0,74
 Test06wc - 6000 bpd: -1,53
 Test06wc - 8000 bpd: -2,78
 Test13wc - 3000 bpd: 1,17
 Test13wc - 6000 bpd: 0,87
 Test25wc - 3000 bpd: 0,91
 Test25wc - 7000 bpd: -0,56
 Test35wc - 3000 bpd: 0,74

Test35wc - 7000 bpd: -0,35

Test50wc - 3000 bpd: 3,89

Test50wc - 5000 bpd: 2,64

Test50wc - 7000 bpd: 2,90

Test50wc - 8000 bpd: 2,31

[0268] Für den Zweck eines Korrigierens der durch Gas induzierten Fehler wurde das Wasseranteil-Meßgerät als ohne Fehler bei 0 % GVF betrachtet (wie in **Fig. 1**).

[0269] In **Fig. 48** und **Fig. 49** wurde ein neurales Netz entlang der oben beschriebenen Zeilen aufgebaut, mit Eingaben von: Roh-Wasseranteil-Ablesung, tatsächliche Massenstromablesung und tatsächlicher Leer- bzw. Hohlraumanteil. Die Ausgaben enthalten einen Wasseranteilsfehler (in absoluten Einheiten eines Wasseranteils - in diesem Fall Prozent). Dementsprechend führen nachfolgende Berechnungen zwischen diesem neuronalen Netzwerk und Massenstrom/Dichtekorrekturen, wie oben beschrieben, zu einer konvergierten Gesamtlösung.

[0270] Mit den Daten, wie sie beschrieben sind, kann die Wasseranteilsmeßgerätablesung von Fehlern von bis zu -40 % auf im wesentlichen innerhalb 2 Prozent absoluten Fehler korrigiert werden, wie dies in **Fig. 48** gezeigt ist, welches, wie dies oben im Hinblick auf **Fig. 42-47** erläutert bzw. erwähnt wurde, die Wasser- und Ölkorrekturen für das Coriolis-Meßgerät beeinflussen kann.

[0271] **Fig. 48** scheint auch zu illustrieren, daß das neurale Netzwerkmodell versagt, ordnungsgemäß einige Leitungen zu korrigieren, wobei jedoch eine detaillierte Untersuchung der fraglichen Leitungen zeigt, daß das Modell eine glatte Annäherung geringster Quadrate des experimentellen Verhaltens ist, während die tatsächlichen Wasseranteilsfehlerdaten eher nicht-linear sind (für Beispiele, siehe **Fig. 49**). Wie bei den Dichte- und Massenstromfehlern kann eine höhere Datendichte (d.h. mehr experimentelle Punkte) eine Verbesserung in der Qualität des Fits bzw. der Anpassung zur Verfügung stellen und kann auch eine gute Beurteilung des Niveaus eines experimentellen Rauschens erlauben.

[0272] **Fig. 50-54** sind Graphen, welche eine aufeinanderfolgende Korrektur von Flüssigkeits- und Gasmassenströmen und ein Verwenden der Wasseranteilskorrektur illustrieren, wie dies allgemein oben unter Bezugnahme auf **Fig. 27** beschrieben wurde. In **Fig. 50-54** basieren Daten auf den Öldaten, wie dies oben beschrieben wurde, mit einem nominellen Wasseranteilswert von 5,5 %, während Massenstrom- und Dichtekorrekturen, welche an dieser Stufe verwendet werden, auf Öldaten mit einem Wasseranteil von 6 % basieren. Das Wasseranteilskorrekturmodell (d.h. neurale Netzwerkmodell), welches hier verwendet ist bzw. wird, ist dasjenige, welches oben unter Bezugnahme auf **Fig. 48** und **Fig. 49** beschrieben wurde.

[0273] Roh-Wasseranteilsfehler sind bzw. werden oben unter Bezugnahme auf **Fig. 39** beschrieben und gezeigt, welche den Roh-Wasseranteilsfehler zeigt, wie dies oben beschrieben wurde, wobei jedoch für den Rest der Strömungsanalyse die Wasseranteilsauslesung auf innerhalb 0 und 100 % beschränkt ist, wobei Werte außer des Bereichs gezwungen werden, den Grenzwert einzunehmen.

[0274] **Fig. 50A** und **Fig. 50B** illustrieren Roh-Mischungsdichte- bzw. -Massenstromfehler. **Fig. 51A-51C** illustrieren Rohfehler für die Wasser-, Öl- bzw. Gasmassenströme. **Fig. 52** illustriert eine Konvergenz nach zwei Wiederholungen von **Fig. 27**, wobei die Wasseranteilmessung innerhalb 3 %, die Mischungsdichte hauptsächlich innerhalb 1 % und ein Massenstrom hauptsächlich innerhalb 2 % korrigiert ist bzw. wird.

[0275] **Fig. 53A-53C** illustrieren das korrigierte Wasseranteilsverhalten während des Prozesses. Wasser-, Öl- und Gaskorrekturgenaugigkeiten sind jeweils in **Fig. 54A-54C** illustriert. Hier ist bzw. wird der Ölmassenstrom auf innerhalb 3 % korrigiert. In **Fig. 54A-54C** ist der Wassermassenstrom am meisten beeinflusst, mit 2-3 % Fehler im Wasseranteil, wobei dies +/-40 % Fehler im Wassermassenstrom ergibt. Der Gasfehler ist hoch bei niedrigem GVF, wobei er auf innerhalb 3 % für GVFs über 15 % absinkt. Wie mit den Dichte- und Massenstromfehlern kann eine höhere Datendichte (d.h. mehr experimentelle Punkte) allgemein eine Verbesserung in der Qualität des Fits erlauben und kann auch eine bessere Beurteilung des Niveaus eines experimentellen Rauschens erlauben.

[0276] **Fig. 55-63** sind Graphen, welche eine „3-dimensionale“ Korrektur für Flüssigkeitsmassenstrom und -dichte illustrieren, welche Variationen im Fehler aufgrund von Variationen in der (den) Wasseranteilsmes-

sung(en) berücksichtigt. Diese Technik kann verwendet werden, um akzeptable Fehler über einen weiteren Bereich von Wasseranteilen zu erhalten (im Gegensatz zu den obigen Beispielen, in welchen die Fluß- bzw. Strömungsdaten, über welche berichtet wird, allgemein auf etwa 6 % Wasseranteil beschränkt sind).

[0277] Somit illustrieren, um derartige Variationen bzw. Änderungen in Massenstrom- und Dichtefehlern zu berücksichtigen, welche durch Variationen in (einer) Wasseranteilmessung(en) bewirkt bzw. verursacht sind, **Fig. 55-63** die Verwendung einer wahren bzw. tatsächlichen Wasseranteilsablesung als einem zusätzlichen Eingabeparameter gemeinsam mit einem scheinbaren Abfall in einer Mischungsdichte und einem scheinbaren Massenstrom.

[0278] Die Daten basieren auf den oben diskutierten Öldaten, jedoch mit nominellen Wasseranteilswerten von 0, 5,5, 13,1, 24,8, 35,6 und 49 %. Die Verteilung von Strömungsleitungen pro nominellem Wasseranteil ist wie folgt:

- 0 % : 4000 und 6000 bpd
- 5,5% : 3000, 4000, 6000 und 8000 bpd
- 13,1 % : 3000 und 6000 bpd
- 24,8 % : 3000 und 7000 bpd
- 35,6 % : 3000 und 7000 bpd
- 49 % : 3000, 5000, 7000 und 8000 bpd

[0279] **Fig. 55A** und **Fig. 55B** illustrieren Roh-Flüssigkeitsmischungsdichte- und -massenstromfehler. **Fig. 56-61** illustrieren Rest-Flüssigkeitsmischungsmassenstromfehler, nachdem das vorher verwendete „6 % Wasseranteil“-Modell angewandt wurde. Es ist ersichtlich, daß, während einige der Fehler (insbesondere für die 6 % Wasseranteilsdaten selbst, **Fig. 57**) klein sind, bei höheren Wasseranteilen die Restfehler ansteigen. Ähnliche Trends sind für Restdichtefehler unter Verwendung der 6 % Wasseranteilsdaten als das Modell gezeigt.

[0280] Verbesserte Modelle für Mischungsdichte- und Massenstromfehler wurden unter Verwendung des wahren bzw. tatsächlichen Wasseranteils werts als eine zusätzliche Eingabe trainiert. Die Genauigkeit der resultierenden Korrekturen an den Trainingsdaten ist in **Fig. 62** und **Fig. 63** gegeben. Die Restfehler sind größer als für ein Modell basierend nur auf einem einzigen Wasseranteil (Massenstrom innerhalb 5 % anstelle von 2 %, Dichte innerhalb von 2 % anstelle von 1 %). Jedoch deckt das Modell einen guten Bereich von Wasseranteilsablesungen anstelle lediglich eines einzigen Werts ab, und es wird eine potentielle Verbesserung über die schlechtesten Fehler in **Fig. 56-61** dargestellt.

[0281] Die beschriebenen Fehler können reduziert werden, indem man mehrere Datenpunkte hat. Beispielsweise gab es für die meisten Wasseranteile nur zwei Strömungsleitungen. Die Anzahl von Datenpunkten in dem Satz kann unzureichend sein, um fähig zu sein, um Ausreißer zu identifizieren. Mit einer größeren oder besseren Datenqualität können möglicherweise geringere Massenstrom- und Dichtefehler möglich sein, welche selbst einen Bereich von Wasseranteils werten erlauben.

[0282] **Fig. 64-68** sind Graphen, welche Resultate aus einem Einbetten der dreidimensionalen Flüssigkeitsmassenstrom- und -dichtekorrektur von **Fig. 55-63** in den Prozeß illustrieren, welcher oben unter Bezugnahme auf **Fig. 50** und **Fig. 54** und **Fig. 27** beschrieben wurde. Durch aufeinanderfolgende Erzeugungen der Wasseranteils-, Dichte- und Massenstromkorrekturen können volumetrische Fehler gezeigt werden, welche in der Verwendung dieses Modells und des Wasseranteilsfehlermodells resultieren.

[0283] Somit illustrieren **Fig. 64-68** Resultate von aufeinanderfolgenden Korrekturen eines Wasseranteils, einer Flüssigkeit (von Flüssigkeiten) und einer Gasmassenstromkorrektur unter Verwendung der Dichte- und Massenstromkorrekturen, welche die Variationen bzw. Änderungen aufgrund eines Wasseranteils berücksichtigen. Die Endresultate sind Berechnungen von volumetrischen Flüssen bzw. Strömen für Öl, Wasser und Gas, wie sie beispielsweise durch die Öl- und Gasindustrie verwendet werden können.

[0284] Diese illustrierten Berechnungen stellen einen „kompletten“ Satz dar, welcher für kontinuierliche Ölanwendungen geeignet ist. Die Daten basieren auf den oben beschriebenen Ölarten, mit nominellen Wasseranteils werten von 0, 5,5, 13,1, 24,8, 35,6 und 49 %. Die Wasseranteils-, Massenstrom- und Dichtekorrekturen,

wie sie verwendet werden, basieren auf dem gesamten Datensatz für den Bereich eines Wasseranteils von 0 bis 50 %.

[0285] Das Wasseranteilkorrekturmodell, welches verwendet wird, ist dasselbe, wie es oben unter Bezugnahme auf **Fig. 42-49** diskutiert wurde. Wie bereits erwähnt, ist die verwendete Prozedur, wie sie unter Bezugnahme auf **Fig. 27** und **Fig. 50-54** beschrieben wurde, wobei jedoch die Dichte- und Massenstromkorrekturen, welche verwendet werden, die Wasseranteilsabänderungen bzw. -variationen berücksichtigen. Die Dichte- und Massenstrom-Korrekturmodelle, welche verwendet werden, sind diejenigen, welche oben unter Bezugnahme auf **Fig. 55-63** diskutiert wurden.

[0286] **Fig. 39** oben illustriert die durch Gas induzierten Roh-Wasseranteils-Meßgerätfehler. **Fig. 64A**, **Fig. 64B**, **Fig. 65A**, **Fig. 65B** und **Fig. 65C** geben den Roh-Mischungsdichte- und -Massenstromfehler, welcher durch Gas induziert ist, bzw. den Roh-Wasser-, Öl- bzw. Gasfehler. Mit den verfügbaren Daten ist es möglich, in aufeinanderfolgenden Berechnungen zu konvergieren, wobei die Wasseranteilmessung innerhalb 5 %, die Mischungsdichte hauptsächlich innerhalb 2 % und der Massenstrom hauptsächlich innerhalb 5 % korrigiert ist bzw. wird, wie dies in **Fig. 66A-66C** gezeigt ist.

[0287] Die Wasser-, Öl- und Gaskorrekturgenauigkeiten, wenn aufeinanderfolgende Berechnungen erzielt werden, sind in **Fig. 67A-67C** gezeigt. Der Ölmassenstrom wird hauptsächlich auf innerhalb 5 % korrigiert. Der volumetrische Wasserstrom wird am meisten beeinflusst, wobei ein 2-3 % Fehler im Wasseranteil einen +/-40 % Fehler im volumetrischen Wasserstrom ergibt. Der Gasfehler ist hoch bei niedrigem GVF, wie dies erwartet wird, wobei er auch hauptsächlich innerhalb 5 % für GVFs über 15 % abfällt.

[0288] **Fig. 68** illustriert ein Beispiel des korrigierten Wasseranteilverhaltens während des Prozesses (der Prozesse). Wie bei den Dichte- bzw. Massenstromfehlern kann eine höhere Datendichte (d.h. mehr experimentelle Punkte) eine Verbesserung in der Qualität des Fits bzw. der Anpassung erlauben, und kann auch eine bessere Beurteilung des Niveaus eines experimentellen Rauschens erlauben.

[0289] Ein Satz von Analysewerkzeugen und Korrekturalgorithmen wurde illustriert, welcher, wenn entsprechende Daten für das Öl, Wasser und Gas gegeben sind, welche in einer speziellen Anwendung verwendet werden, die durch Gas induzierten Fehler in Coriolis- und Wasseranteilsablesungen kompensieren kann, um dadurch volumetrische Gas-, Wasser- und Ölströmungsraten zu liefern.

[0290] Wie oben beschrieben, kann ein Massenstromdurchfluß-Meßgerät -fähig sein, einen Betrieb bei Vorhandensein eines hohen Anteils bzw. Prozentsatzes von Gas in einem gemessenen Strom bzw. Fluß sowohl mit einer einzelnen oder einer gemischten Flüssigkeit (d.h. in einem Zwei-Phasen- oder Drei-Phasen-Strom) aufrecht zu erhalten. Abschätzungen und/oder scheinbare bzw. augenscheinliche Messungen der Flüssigkeits-Gas-Mischungsdichte und des -Massenstroms können somit erhalten werden. Jedoch haben diese Abschätzungen Fehler, welche von verschiedenen Faktoren abhängen, welche beispielsweise den Gashohlraumsanteil und/oder den wahren bzw. tatsächlichen Flüssigkeitsmassenstrom beinhalten, welche so groß sein können, um die Rohmessungen unbrauchbar zu machen.

[0291] Durch ein Verwenden eines zusätzlichen Meßparameters, wie beispielsweise einer Wasseranteils- oder Gashohlraumsanteilmessung, gemeinsam mit den Messungen einer scheinbaren Massenstromrate und -dichte können korrigierte Werte für alle diese Parameter und andere erhalten werden. Darüber hinaus können durch ein Zyklieren durch diese Messung und Berechnungen mit immer verbesserten Korrekturen aufeinanderfolgend verbesserte Werte erhalten werden, wie beispielsweise die Korrekturen auf spezielle bzw. spezifische Werte konvergieren.

[0292] Wie oben beschrieben, können Techniken für ein Durchführen dieser Korrektur auf Datenfit-Technik basieren, welche versuchen, beispielsweise bestehende Fehlerraten in einem bestimmten Umfeld oder einer bestimmten Konfiguration zu bestimmen, so daß diese Fehler für zukünftige Messungen und Korrekturen berücksichtigt werden können. Als solche können diese Techniken von einem Ausmaß einer Korrelation zwischen den Einstellungen/Konfigurationen, in welchen die Daten erhalten wurden, und den Umfeldern bzw. Einstellungen/Konfigurationen abhängen, in welchen sie schließlich angeordnet werden.

[0293] Zugehörige oder andere Korrekturtechniken können verwendet werden, welche versuchen, einen Fluidstrom (Fluidströme) in einem allgemeineren Sinn zu charakterisieren, d.h. unter Verwendung von Fluidstromgleichungen, welche versuchen, ein Verhalten des Stroms bzw. Flusses als einen physikalischen

Gegenstand zu beschreiben. Beispielsweise können die gut bekannten Navier-Stokes-Gleichungen in diesem Sinn verwendet werden.

[0294] Spezifisch beschreibt die dreidimensionale instabile Form der Navier-Stokes-Gleichungen, wie die Geschwindigkeit, der Druck, die Temperatur und die Dichte eines sich bewegenden Fluids im Zusammenhang stehen. Die Gleichungen sind ein Satz von gekoppelten Differentialgleichungen und können in der Theorie für ein gegebenes Strömungsproblem unter Verwendung von Berechnungsmethoden gelöst werden, oder können analytisch, möglicherweise unter Verwendung von bestimmten Vereinfachungen oder Anpassungen gelöst werden, für welche bestimmt wurde, daß sie in einem gegebenen Umstand hilfreich und anwendbar sind.

[0295] Diese oder andere entsprechenden bzw. zugehörigen Gleichungen können beispielsweise eine Konvektion (einen physikalischen Prozeß, welcher in einem Gasstrom auftritt, in welchem eine gewisse Eigenschaft durch die geordnete Bewegung des Stroms bzw. Flusses transportiert wird), und/oder eine Diffusion berücksichtigen (einen physikalischen Prozeß, welcher in einem Gasstrom, in welchem eine gewisse Eigenschaft transportiert wird, durch die zufällige Bewegung der Moleküle des Gases auftritt, und welche mit der Viskosität des Gases in bezug gesetzt werden kann). Turbulenz und die Erzeugung von Grenzschichten sind das Resultat einer Diffusion in dem Strom.

[0296] Durch ein Verwenden derartiger Fluidstromgleichungen und Charakteristika bzw. Merkmale können Korrekturtechniken für viele oder alle der Parameter und der oben diskutierten Techniken erhalten werden. Beispielsweise können derartige Fluidstromgleichungen beim Definieren eines allgemeinen Korrekturmodells verwendet werden, welches durch Daten-Fit- bzw. -Anpassungstechniken ergänzt werden kann, wie sie oben beschrieben wurden, oder umgekehrt.

Patentansprüche

1. System (2100), umfassend:

eine Regel- oder Steuereinrichtung (104) oder einen Controller, welche(r) betätigbar ist oder arbeitet, um ein Sensorsignal von einem ersten Sensor (205) zu empfangen, welcher mit einem vibrierbaren Durchflußrohr (215) verbunden ist, welches einen Drei-Phasen-Fluidstrom enthält, welcher eine erste Flüssigkeit, eine zweite Flüssigkeit und ein Gas enthält, wobei die Regel- oder Steuereinrichtung (104) weiterhin betätigbar ist, um das Sensorsignal zu analysieren, um einen scheinbaren Fluß- oder Strömungsparameter des Fluidstroms zu bestimmen;
einen zweiten Sensor (220, 225, 230, 235), welcher betätigbar ist, um eine scheinbare Strömungsbedingung des Fluidstroms zu bestimmen; und
ein Korrekturmodul (240, 250, 260, 270, 275), welches betätigbar ist, um den scheinbaren Strömungsparameter und die scheinbare Strömungsbedingung einzugeben und einen korrigierten Strömungsparameter daraus zu bestimmen,
wobei das Korrekturmodul (240, 250, 260, 270, 275) ein neurales Netzwerk beinhaltet, welches betätigbar ist, um den scheinbaren Strömungsparameter und die scheinbare Strömungsbedingung einzugeben und den korrigierten Strömungsparameter und eine korrigierte Strömungsbedingung auszugeben.

2. System (2100) nach Anspruch 1, wobei das Korrekturmodul (240, 250, 260, 270, 275) weiterhin betätigbar ist, um den scheinbaren Strömungsparameter und die scheinbare Strömungsbedingung einzugeben und die korrigierte Strömungsbedingung daraus zu bestimmen.

3. System (2100) nach Anspruch 1, wobei der scheinbare Strömungsparameter eine scheinbare Bulk- oder Volumsdichte des Fluidstroms enthält.

4. System (2100) nach Anspruch 1, wobei der scheinbare Strömungsparameter eine scheinbare Bulk- oder Volumsmassenströmungsrate oder -geschwindigkeit des Fluidstroms enthält.

5. System (2100) nach Anspruch 1, wobei der zweite Sensor (220, 225, 230, 235) einen Flüssigkeitsanteils-Testkopf (230) enthält, welcher betätigbar ist, um eine Flüssigkeitsanteilmessung durchzuführen, welche einen Volumsanteil der ersten Flüssigkeit in Bezug auf die zweite Flüssigkeit identifiziert.

6. System (2100) nach Anspruch 1, wobei der zweite Sensor (220, 225, 230, 235) ein Leerraumanteils-Bestimmungssystem (2102) enthält, welches betätigbar ist, um einen Hohl- oder Leerraumanteil des Gases innerhalb des Fluidstroms zu bestimmen.

7. System (2100) nach Anspruch 1, weiterhin umfassend ein Komponentenströmungsraten-Bestimmungssystem (2120), welches betätigbar ist, um eine Fluß- oder Strömungsrates der ersten Flüssigkeit innerhalb des Fluidstroms zu bestimmen.

8. System (2100) nach Anspruch 7, wobei das Komponentenströmungsraten-Bestimmungssystem (2120) an der Regel- oder Steuereinrichtung (104), dem Korrekturmodul (240, 250, 260, 270, 275), dem zweiten Sensor (230, 235, 240, 245), oder einem Hostcomputer (2110) in Verbindung mit der Regel- oder Steuereinrichtung (104), dem Korrekturmodul (240, 250, 260, 270, 275) oder dem zweiten Sensor (230, 235, 240, 245) implementiert ist.

9. System (2100) nach Anspruch 1, weiterhin umfassend ein Komponentenströmungsraten-Bestimmungssystem (2120), welches betätigbar ist, um eine Strömungsrates oder -geschwindigkeit des Gases innerhalb des Fluidstroms zu bestimmen.

10. System (2100) nach Anspruch 1, wobei eine Implementierung des Korrekturmoduls (240, 250, 260, 270, 275) mit einem Prozessor der Regel- oder Steuereinrichtung (104) assoziiert ist.

11. System (2100) nach Anspruch 1, wobei eine Implementierung des Korrekturmoduls (240, 250, 260, 270, 275) mit einem Prozessor des zweiten Sensors (230, 235, 240, 245) assoziiert ist.

12. System (2100) nach Anspruch 1, umfassend einen Hostcomputer (2110), welcher sich in Verbindung mit der Regel- oder Steuereinrichtung (104) oder dem zweiten Sensor (230, 235, 240, 245) befindet und betätigbar ist, um das Korrekturmodul (240, 250, 260, 270, 275) zu implementieren.

13. System (2100) nach Anspruch 1, wobei:
der zweite Sensor (230, 235, 240, 245) betätigbar ist, um einen ersten scheinbaren Strömungsbedingungs-
wert an die Regel- oder Steuereinrichtung (104) zur Verwendung bei einer Bestimmung eines ersten korri-
gierten Strömungsparameterwerts auszugeben;
die Regel- oder Steuereinrichtung (104) betätigbar ist, um den ersten korrigierten Strömungsparameterwert
an den zweiten Sensor (230, 235, 240, 245) zur Bestimmung eines ersten korrigierten Strömungsbedin-
gungswerts auszugeben; und
der zweite Sensor (230, 235, 240, 245) betätigbar ist, um einen zweiten korrigierten Strömungsbedingungs-
wert an die Regel- oder Steuereinrichtung (104) für eine Verwendung bei einer Bestimmung des korrigierten
Strömungsparameterwerts auszugeben.

14. System (2100) nach Anspruch 1, wobei das neurale Netzwerk beinhaltet:
ein erstes Korrekturmodell, welches für eine Art des zweiten Sensors (230, 235, 240, 245) und eine Strö-
mungsbedingung oder einen Strömungszustand eigentümlich ist und welches betätigbar ist, um die korri-
gierte Strömungsbedingung auszugeben; und
ein zweites Korrekturmodell, welches für eine Art des scheinbaren Strömungsparameters eigentümlich ist
und welches betätigbar ist, um den korrigierten Strömungsparameter auszugeben,
wobei das erste Korrekturmodell betätigbar ist, um die scheinbare Strömungsbedingung basierend auf der
scheinbaren Strömungsbedingung und dem korrigierten Strömungsparameter zu korrigieren, und das
zweite Korrekturmodell betätigbar ist, um den scheinbaren Strömungsparameter basierend auf dem schein-
baren Strömungsparameter und der korrigierten Strömungsbedingung zu korrigieren.

15. System (2100) nach Anspruch 1, wobei die Regel- oder Steuereinrichtung (104) betätigbar ist, um
den scheinbaren Strömungsparameter basierend auf einem theoretischen Zusammenhang zwischen dem
scheinbaren Strömungsparameter und dem korrigierten Strömungsparameter zu korrigieren.

16. System (2100) nach Anspruch 1, wobei die Regel- oder Steuereinrichtung (104) betätigbar ist, um
den scheinbaren Strömungsparameter basierend auf einer empirischen Beziehung zwischen dem scheinba-
ren Strömungsparameter und dem korrigierten Strömungsparameter zu korrigieren.

17. System (2100) nach Anspruch 1, weiterhin umfassend eine Leitung (2202), welche den zweiten
Sensor (230, 235, 240, 245) und das vibrierbare Durchflußrohr (215) verbindet, so daß der Fluidstrom
durch den zweiten Sensor (230, 235, 240, 245), ein Rohr oder die Leitung (2202) und das vibrierbare
Durchflußrohr (215) fließt oder strömt.

18. System (2100) nach Anspruch 17, wobei die erste Flüssigkeit, die zweite Flüssigkeit und das Gas miteinander innerhalb des Fluidstroms während einer Bestimmung der Strömungsbedingung durch den zweiten Sensor (230, 235, 240, 245) vermischt sind oder werden.

Es folgen 65 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

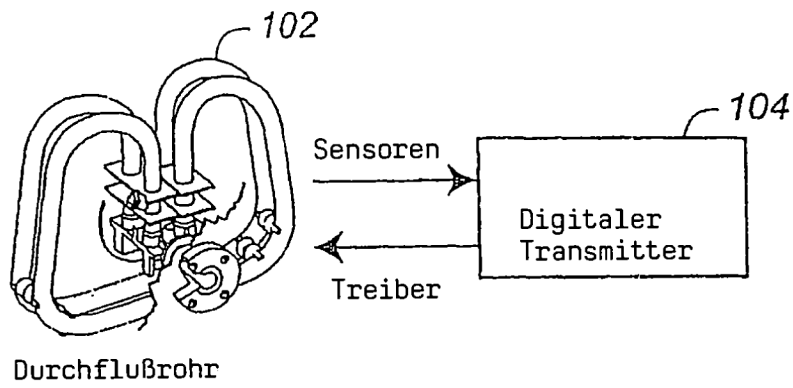


FIG. 1A

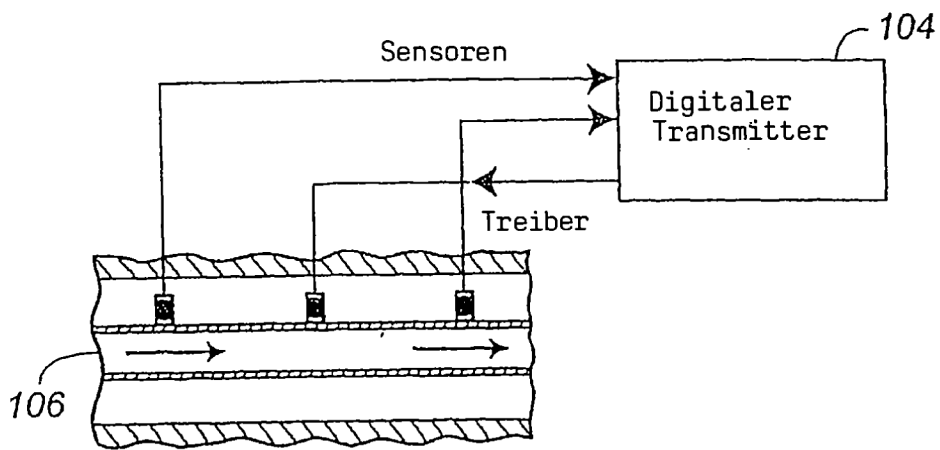


FIG. 1B

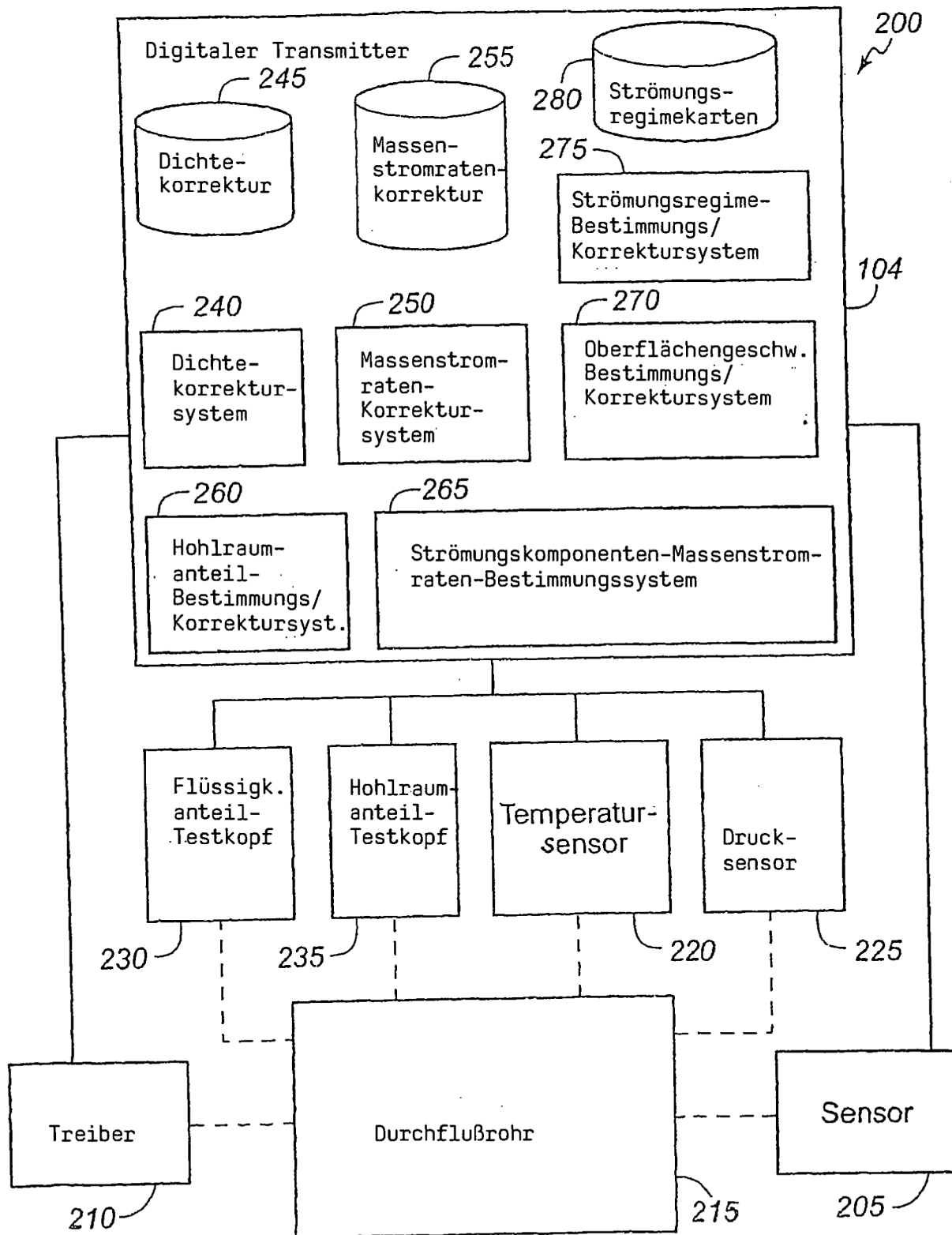


FIG. 2

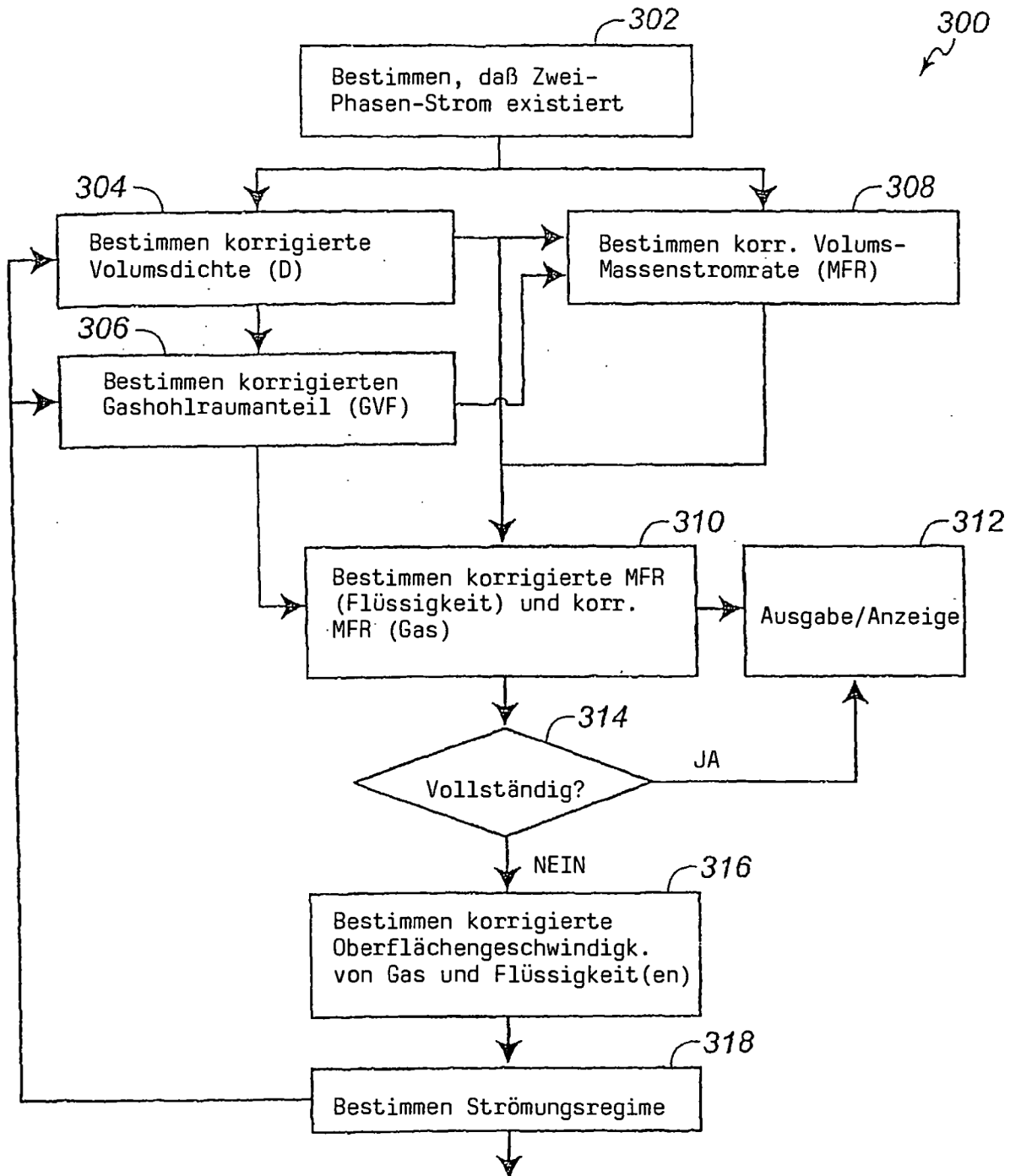


FIG. 3

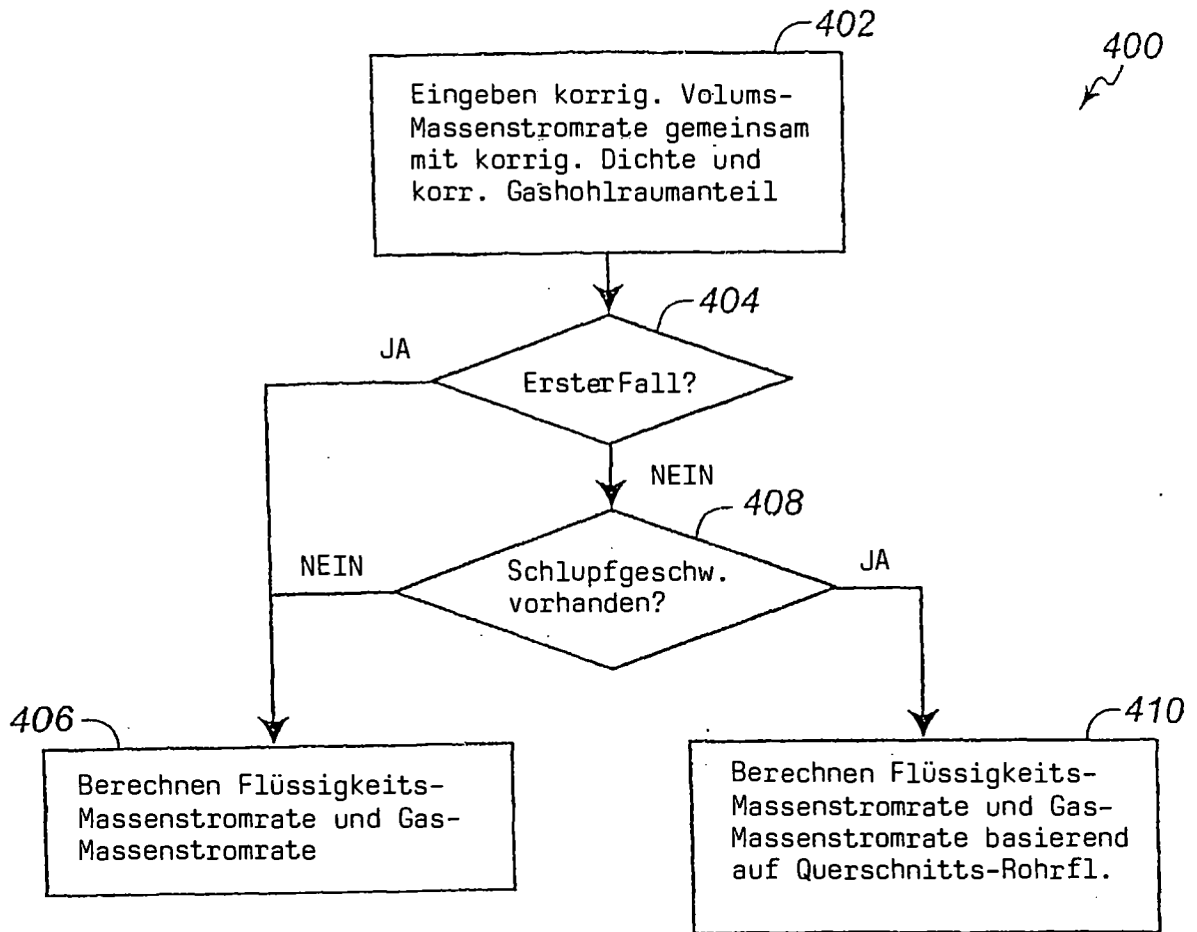


FIG. 4

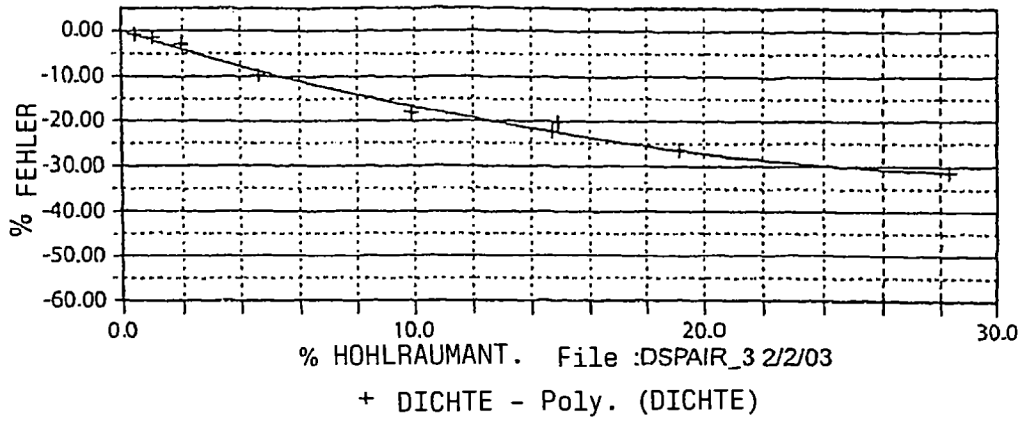


FIG. 5A

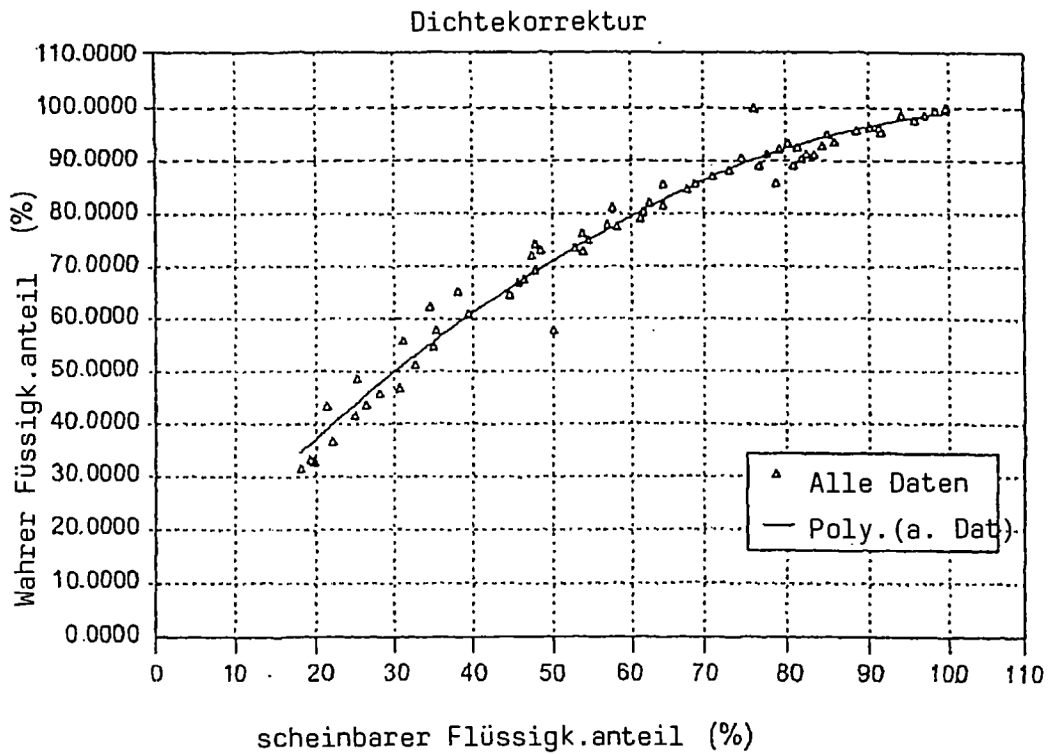


FIG. 5B

Oxford, Wasser, Vertikal 1/2"
Strömungsber: 0,17 kg/s - 0,70 Kg/s

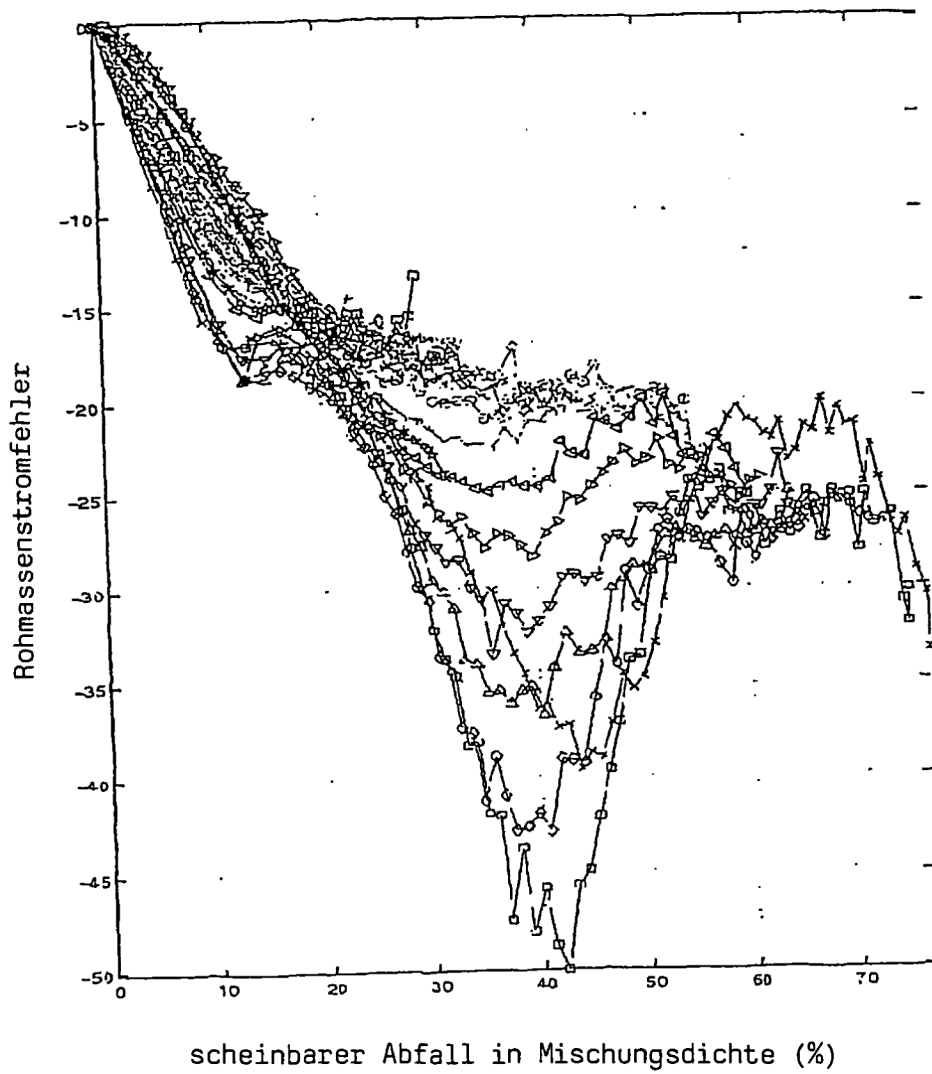


FIG. 6

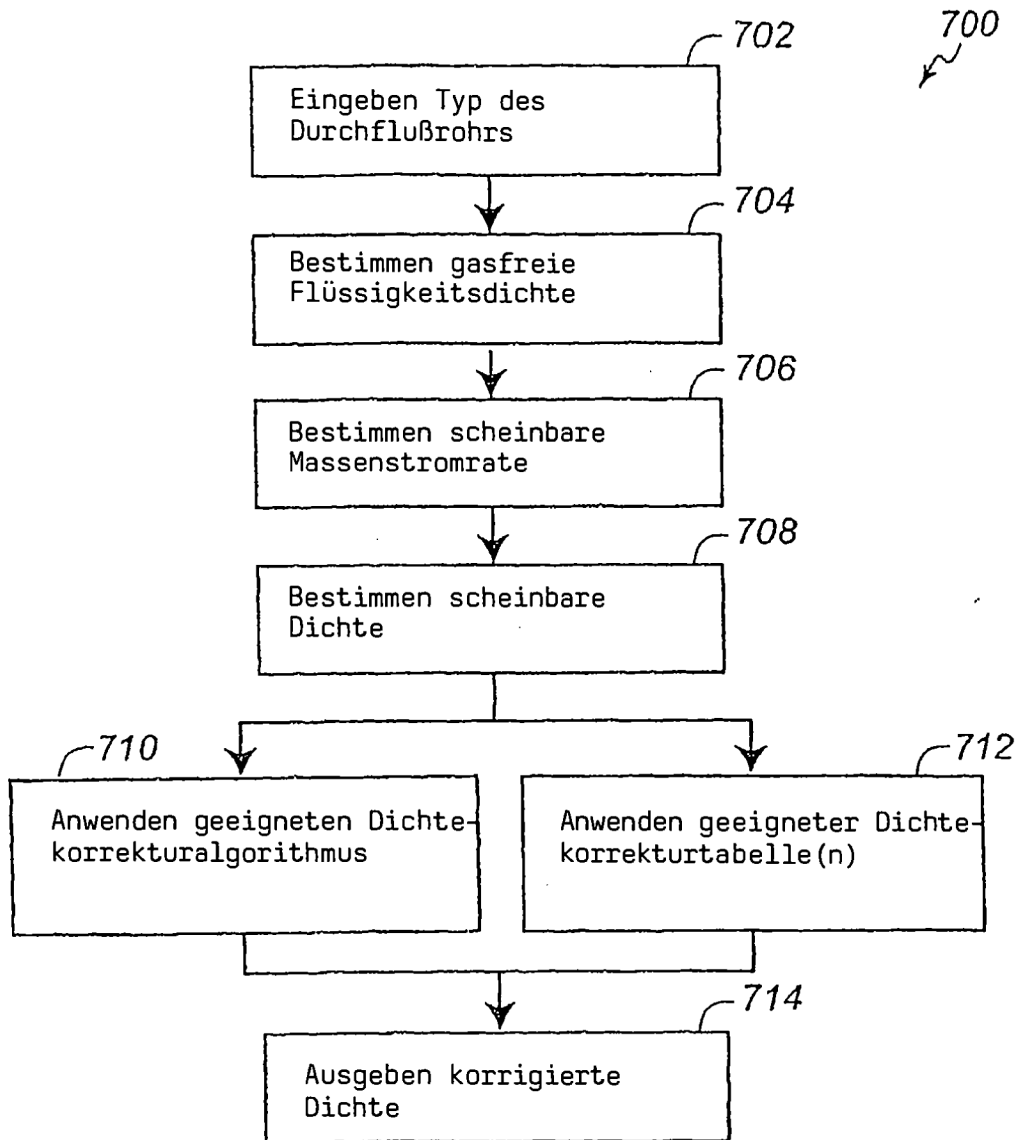


FIG. 7

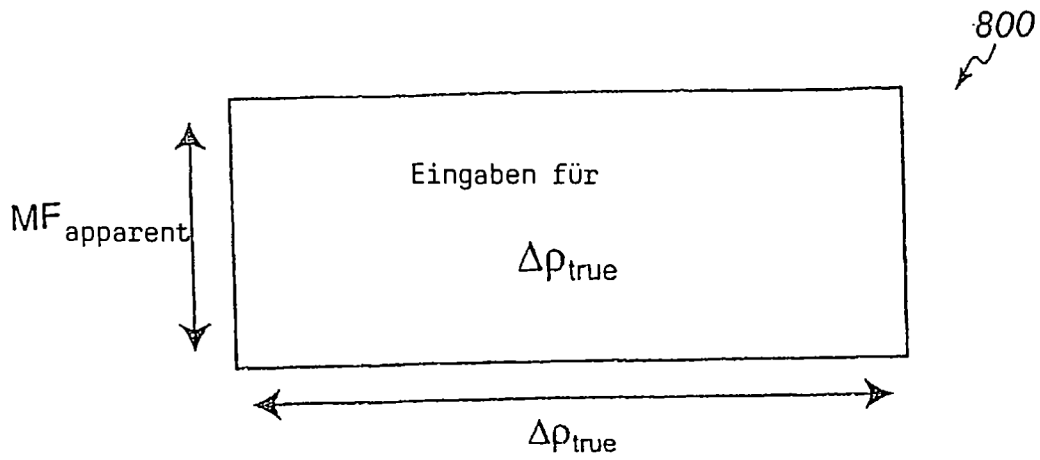


FIG. 8

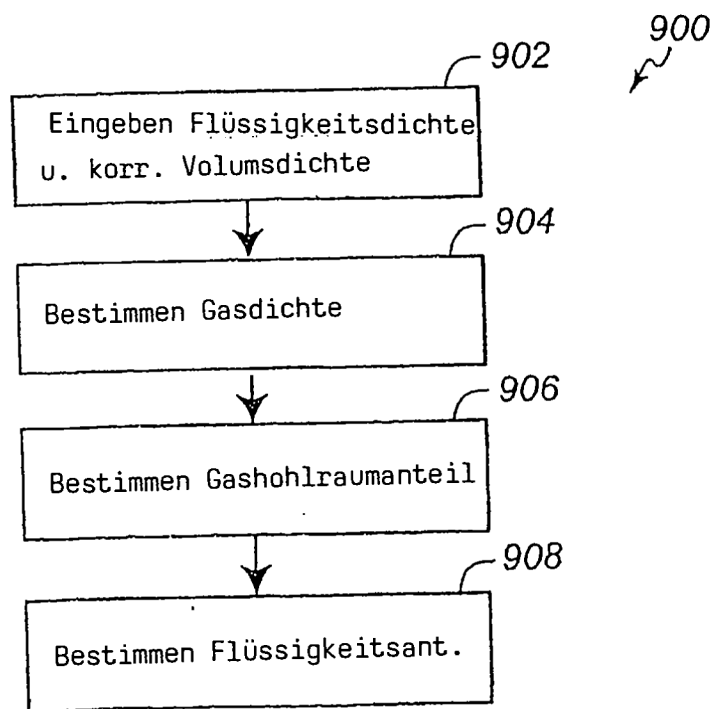


FIG. 9

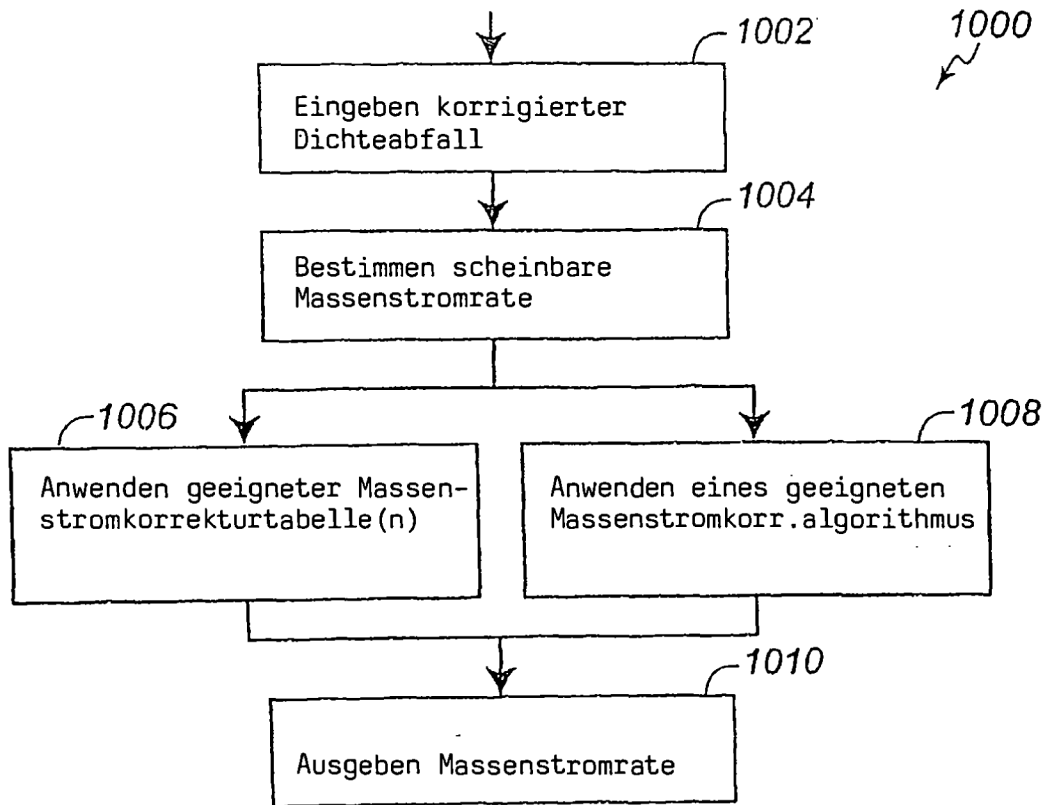


FIG. 10

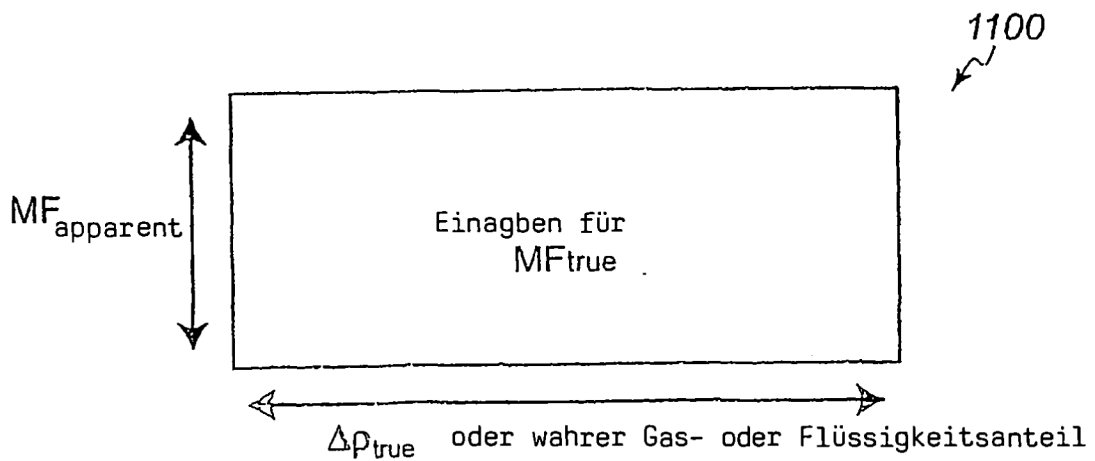


FIG. 11

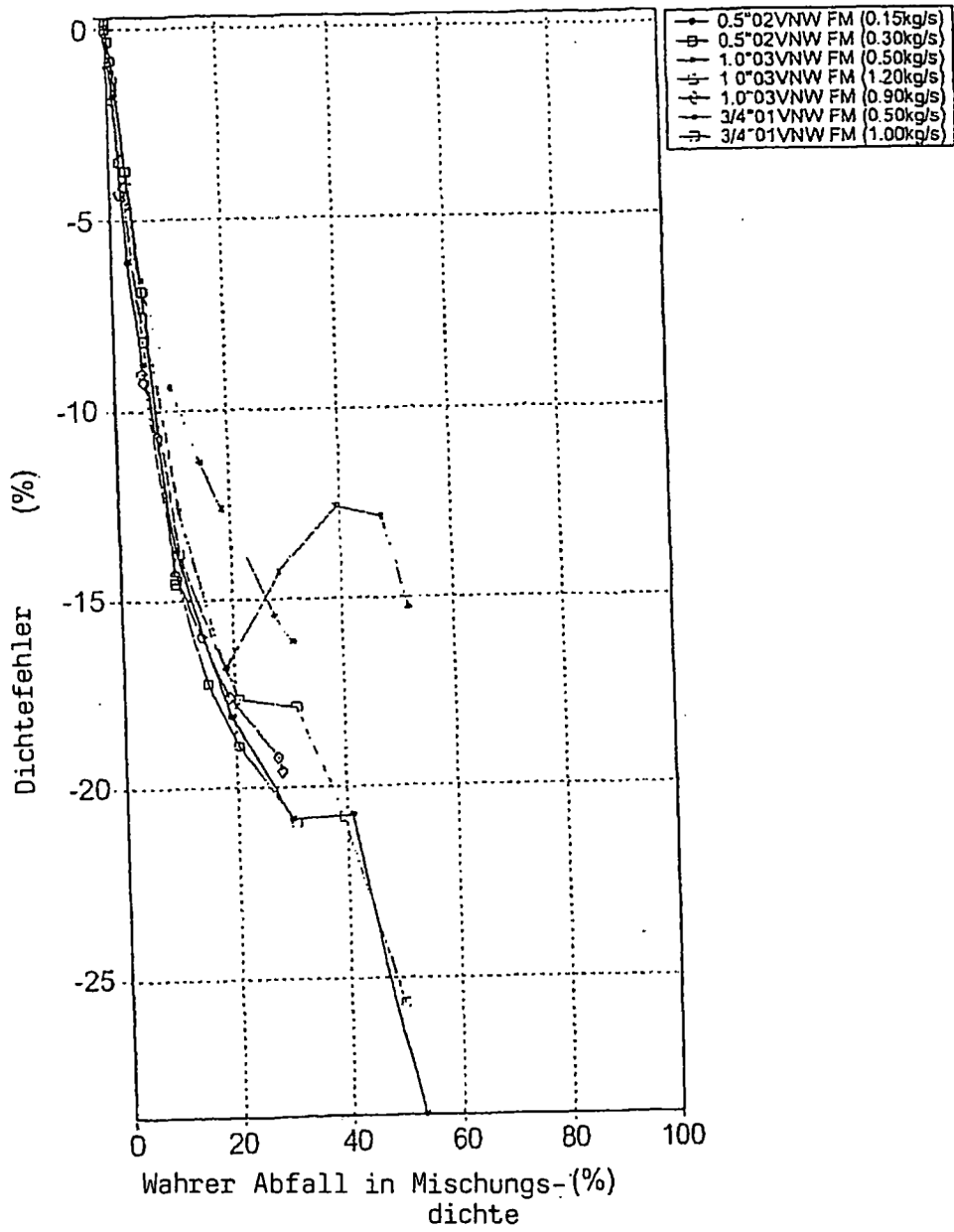


FIG. 12

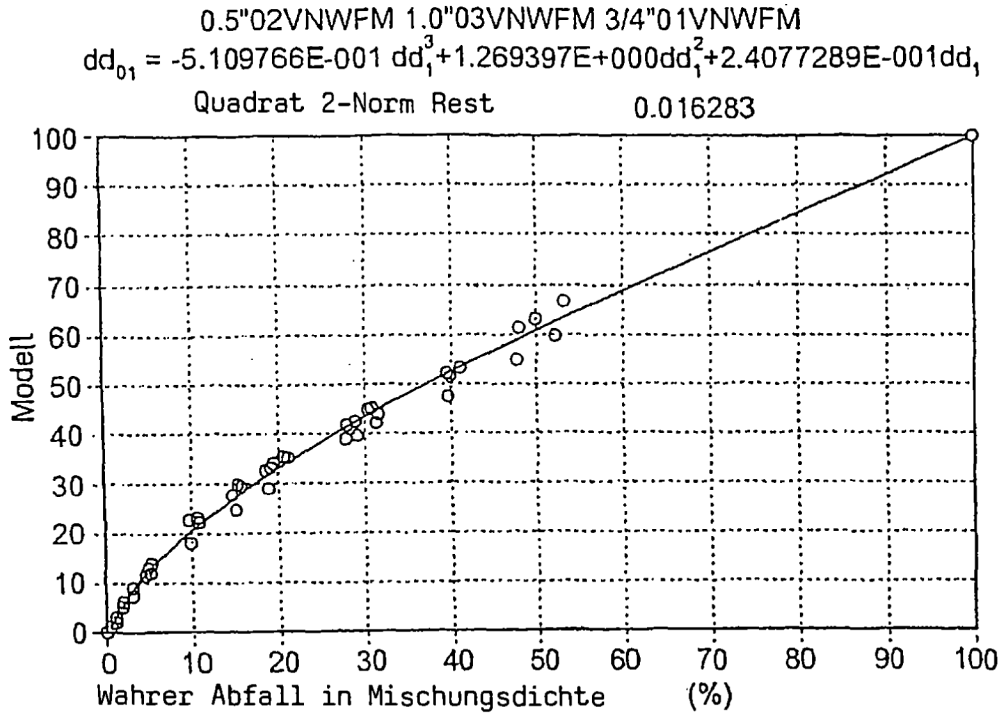


FIG. 13A

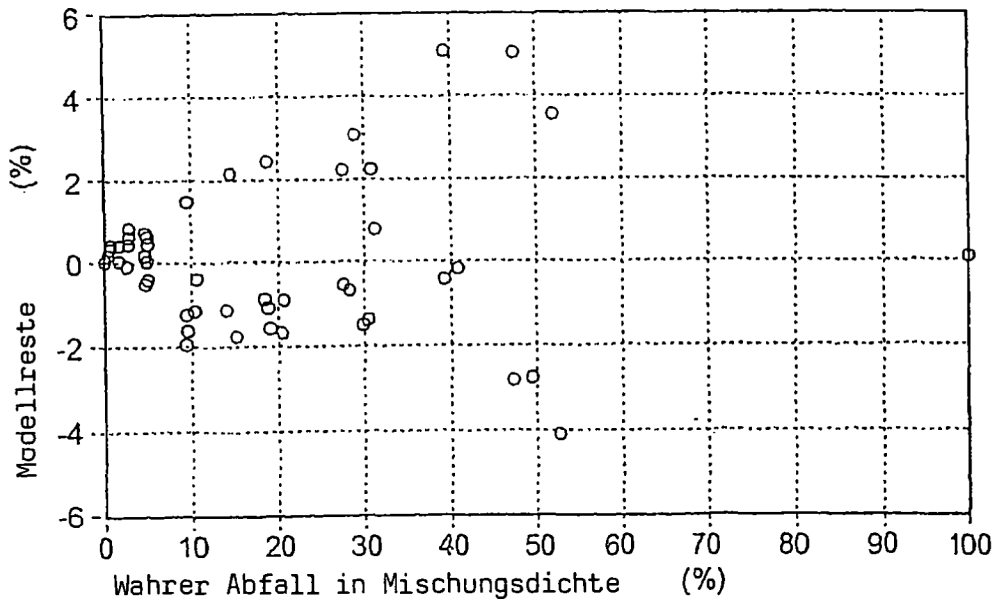


FIG. 13B

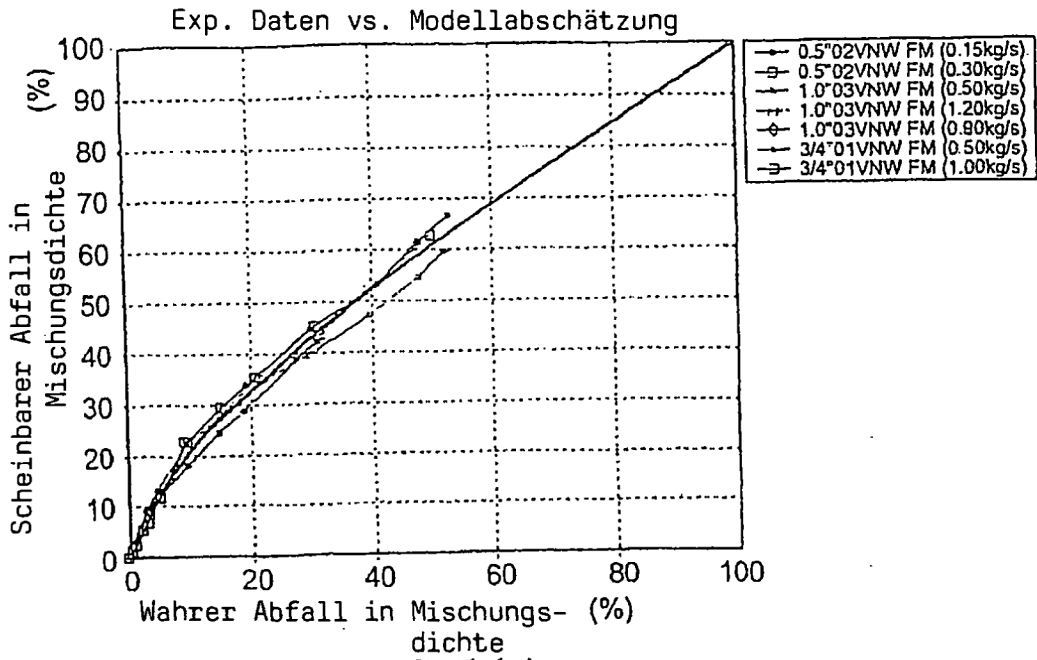


FIG. 14A

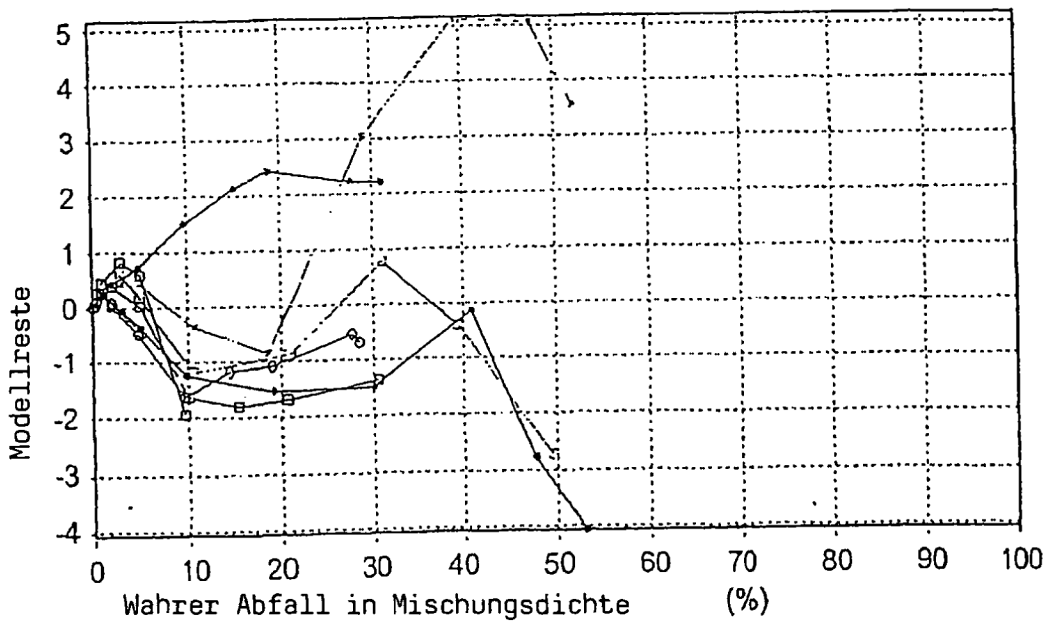


FIG. 14B

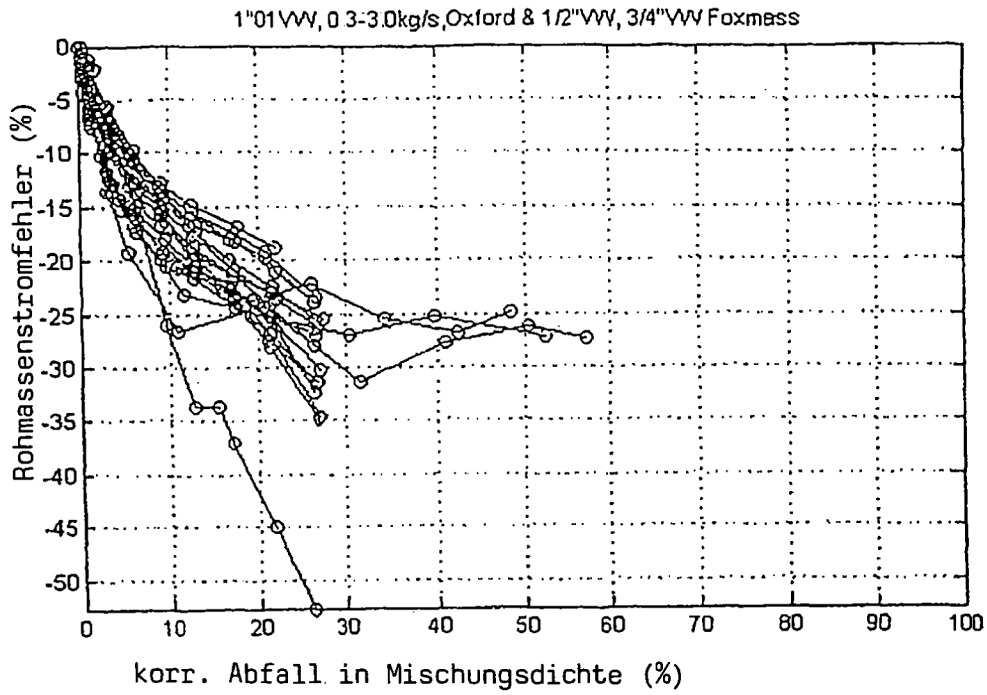


FIG. 15A

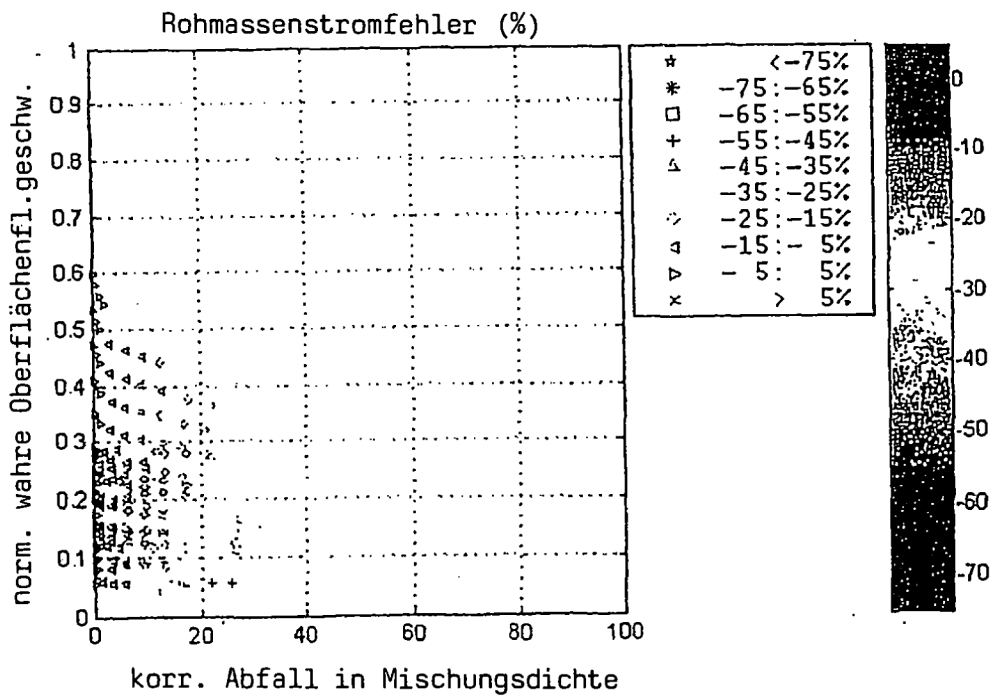


FIG. 15B

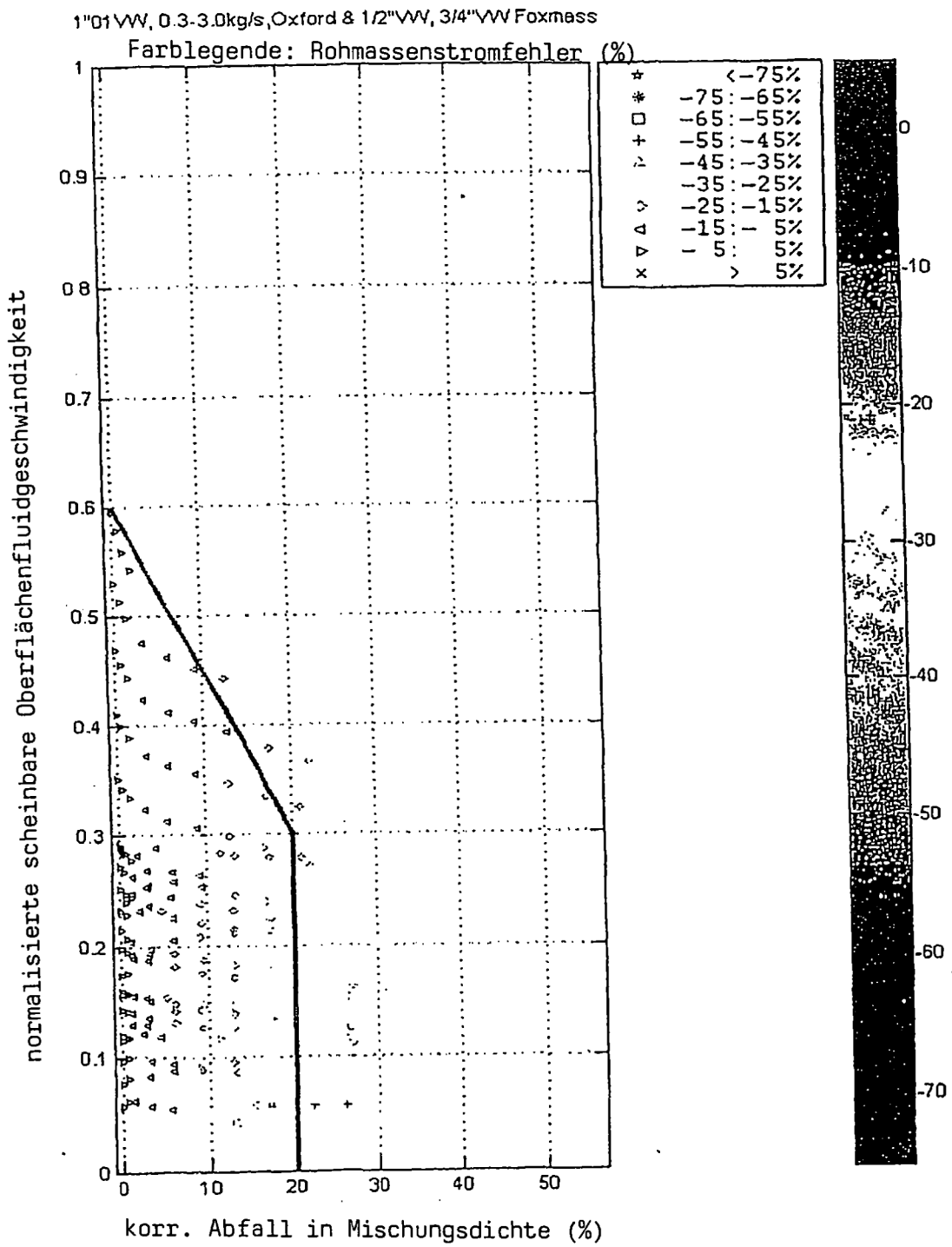


FIG. 16

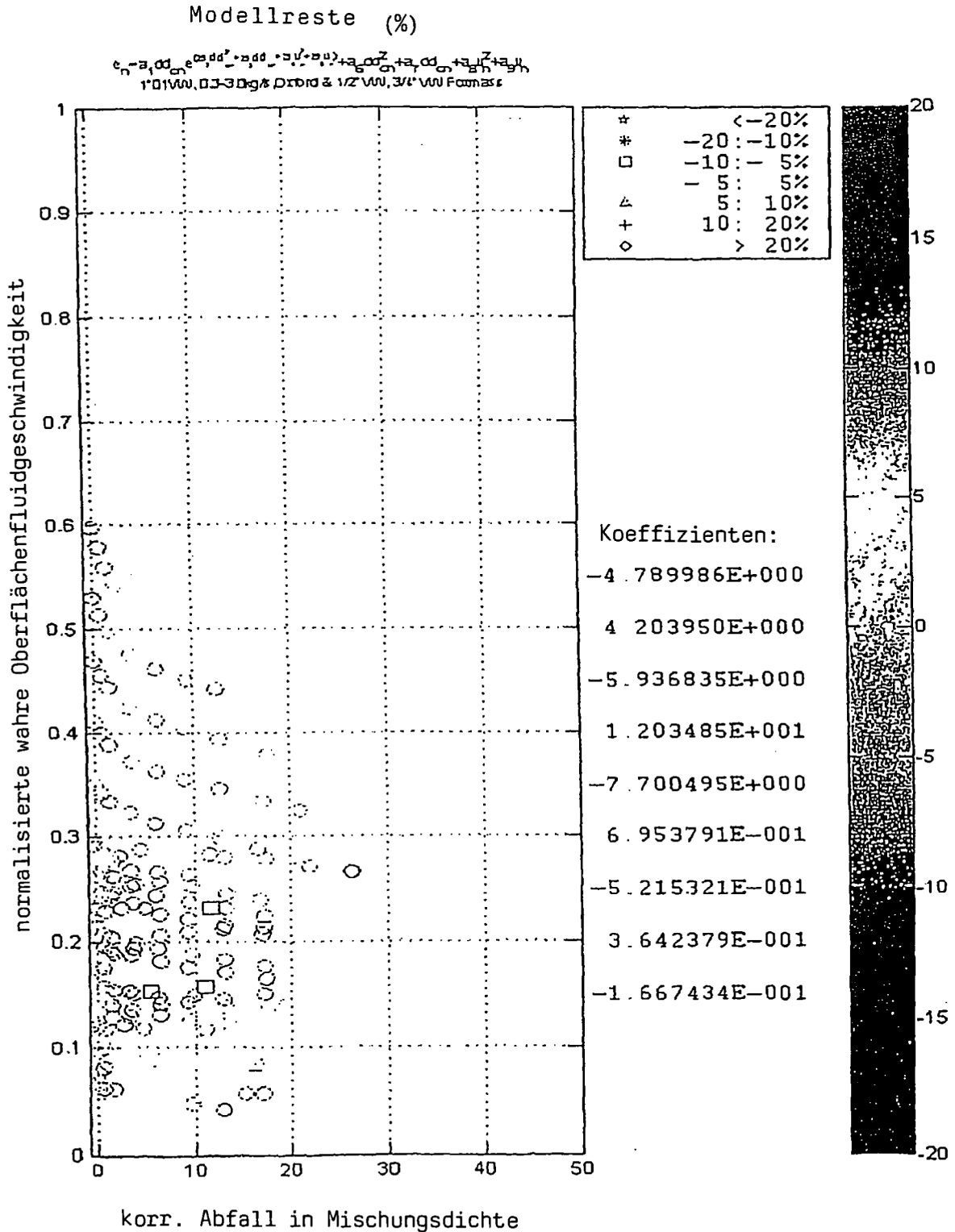


FIG. 17

Fit an 1"01VW, 0.3-3.Okg/s, Oxford & 1/2"VW, 3/4"VW Foxmass

22 Punkte über 5 %, max. abs. Rest 6,39 %

FIG. 18A

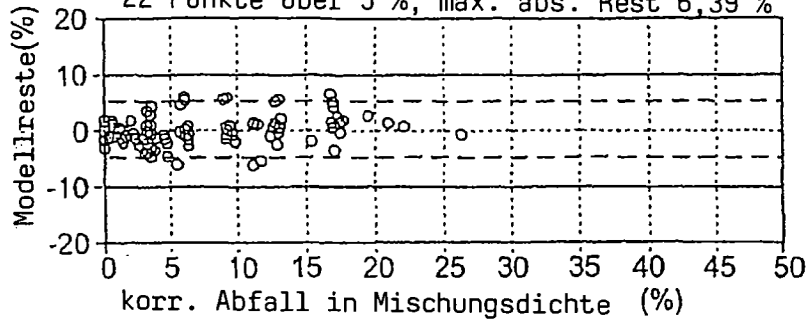


FIG. 18B

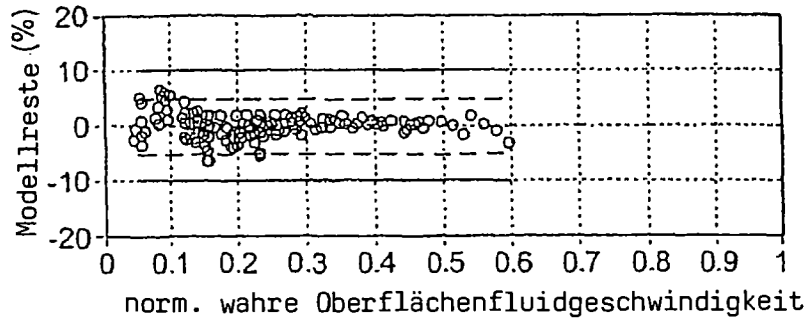


FIG. 18C

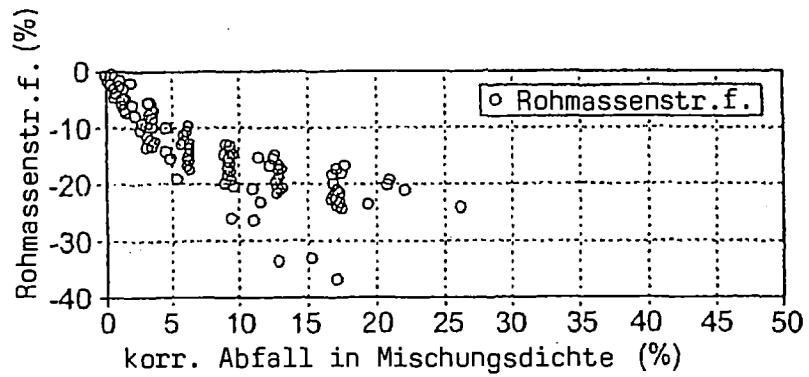


FIG. 18D

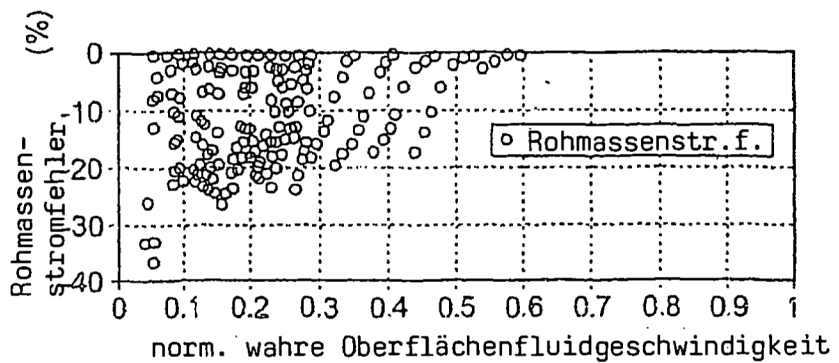


FIG. 19A

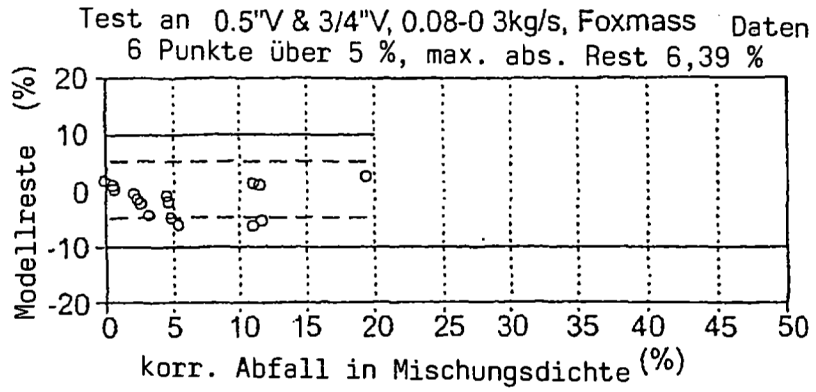


FIG. 19B

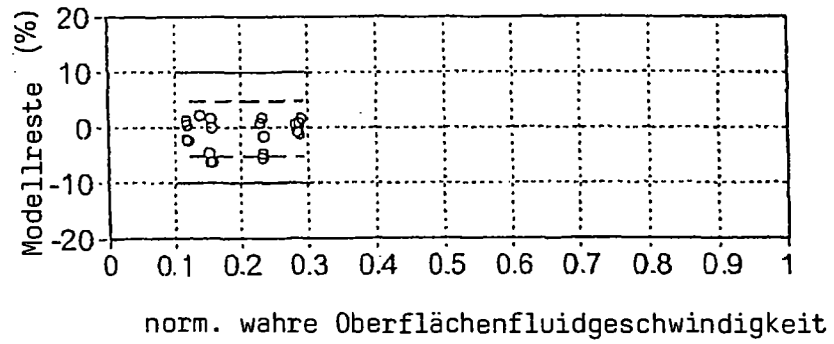


FIG. 19C

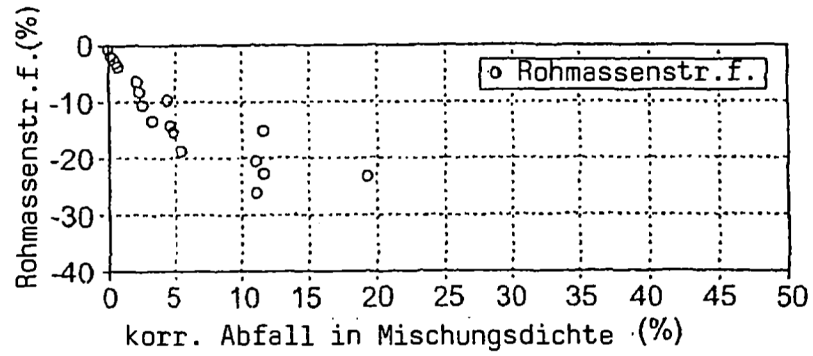
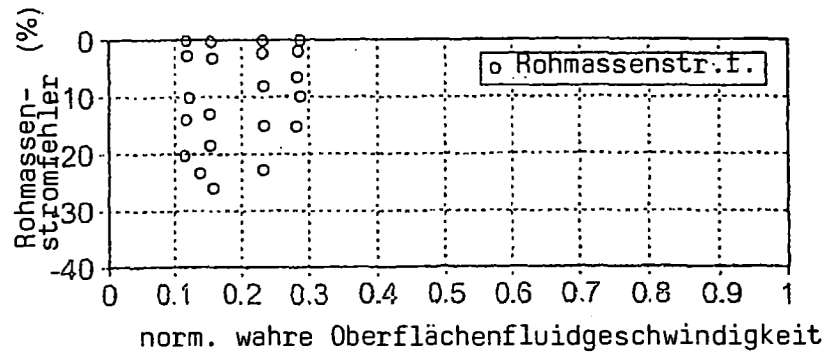


FIG. 19D



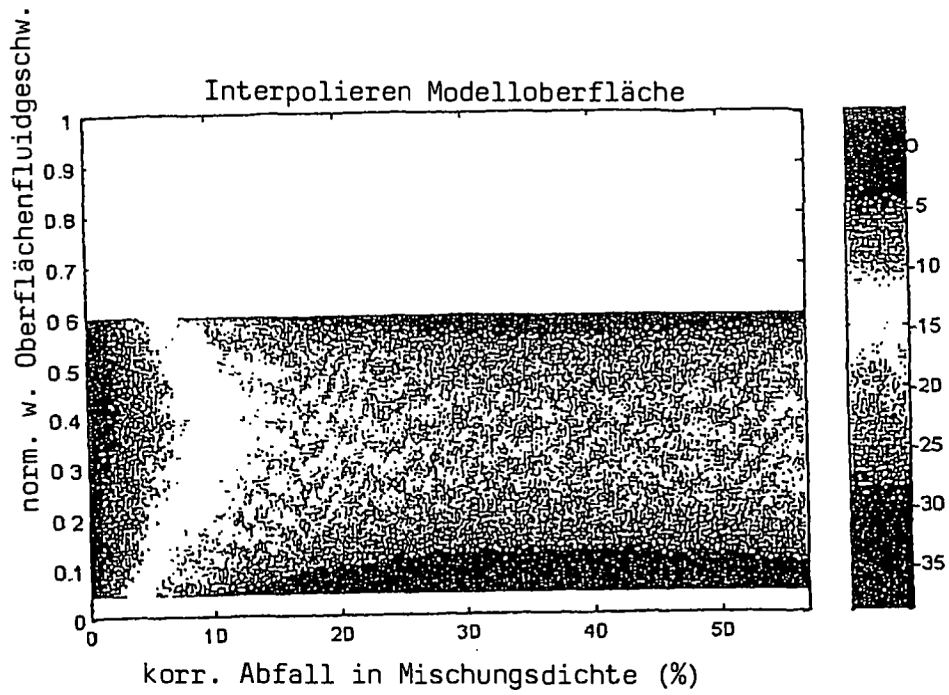


FIG. 20A

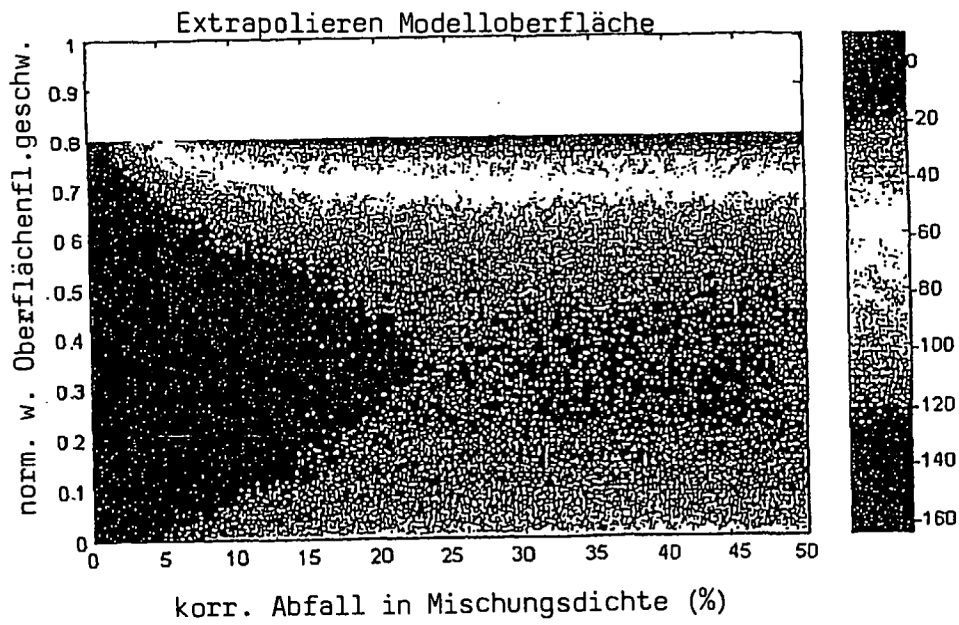


FIG. 20B

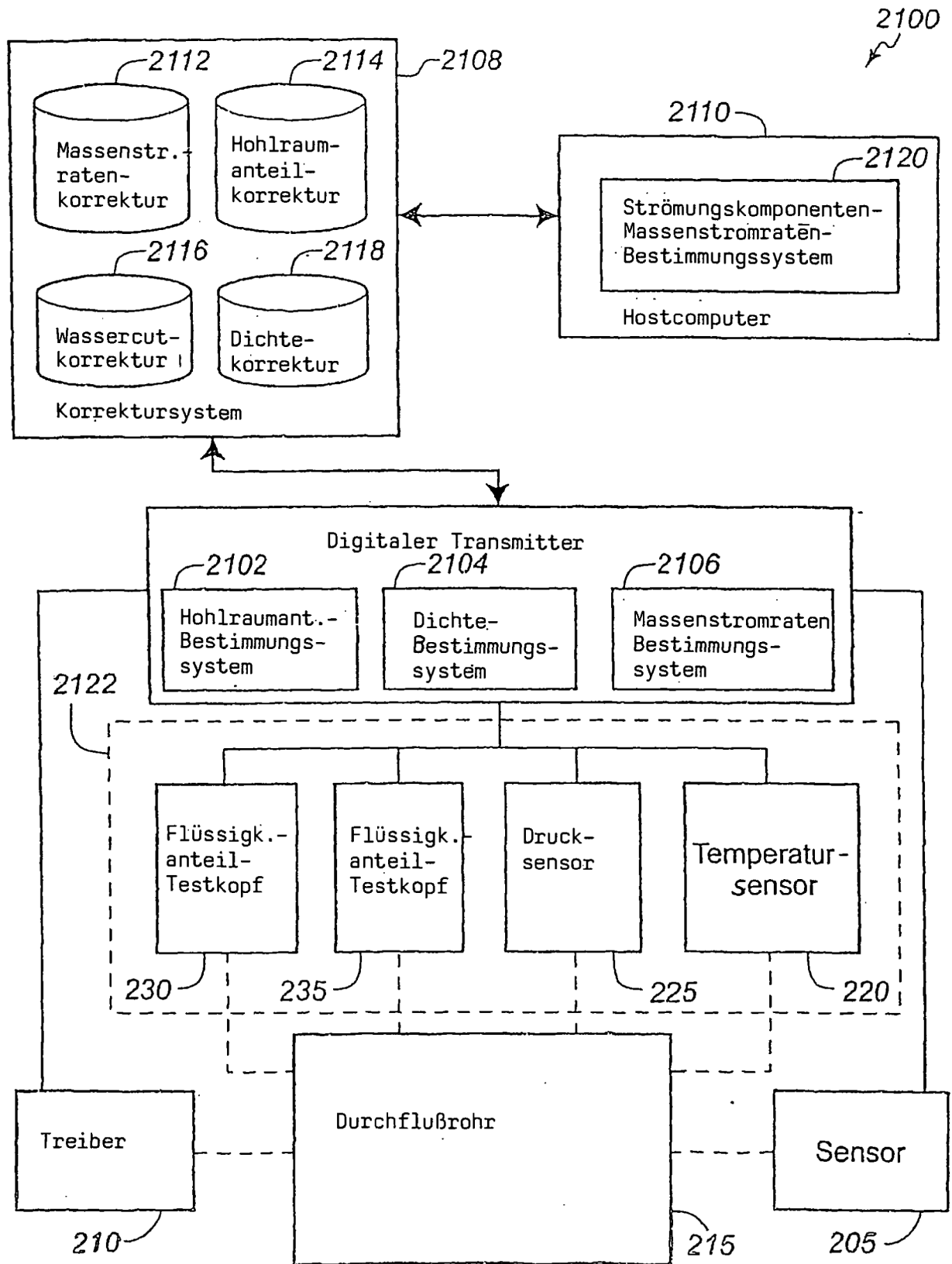


FIG. 21

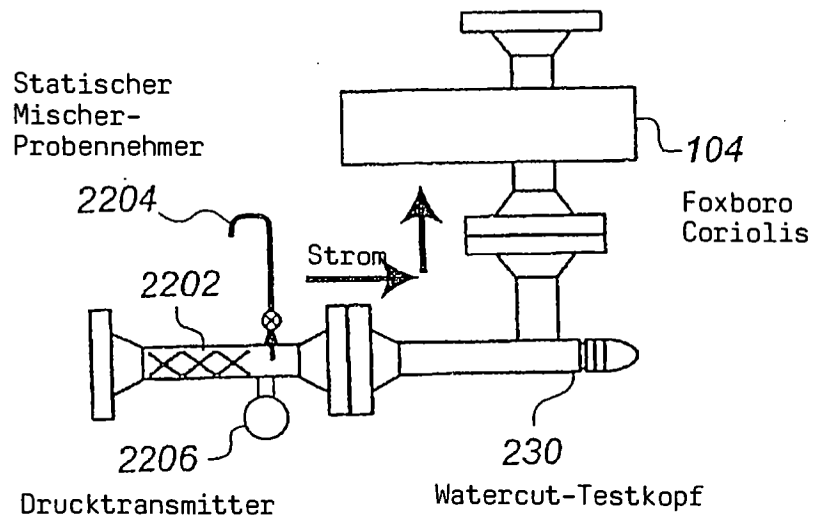


FIG. 22

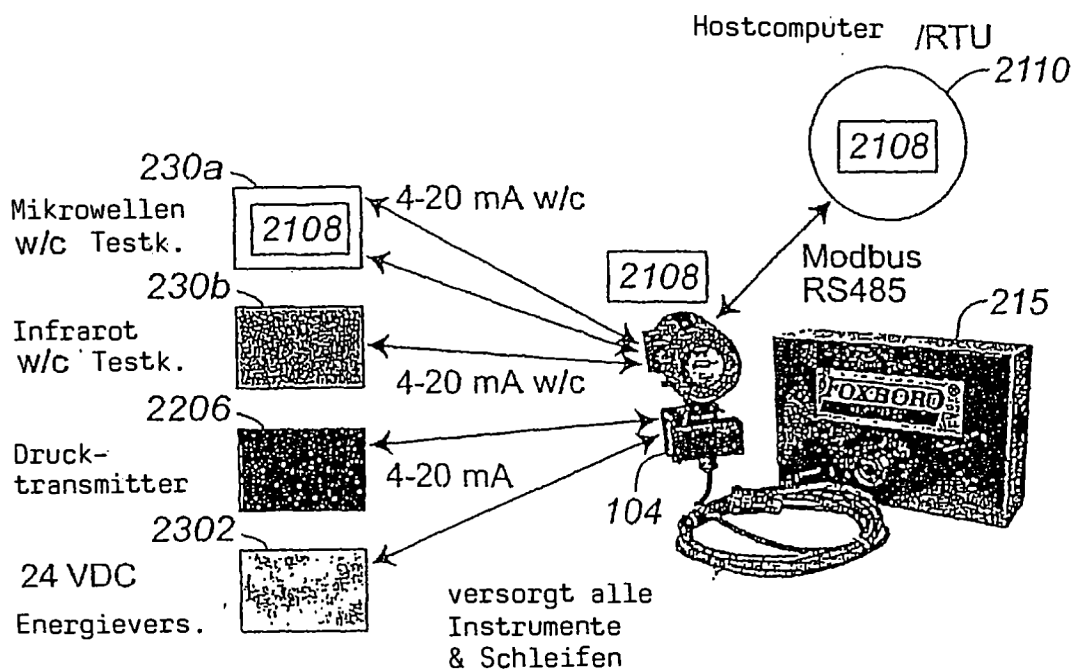


FIG. 23

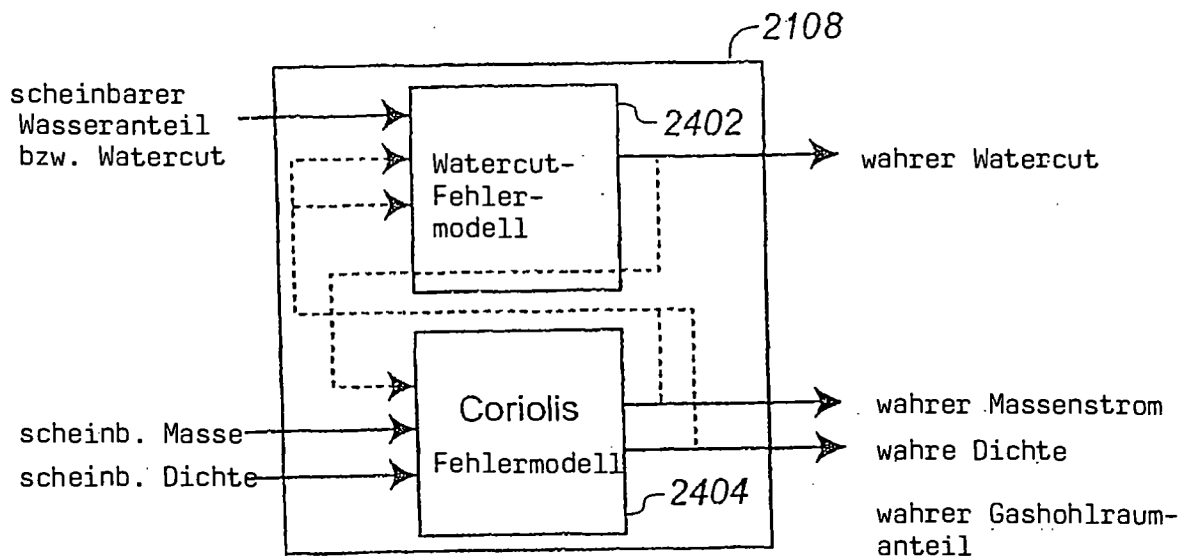


FIG. 24

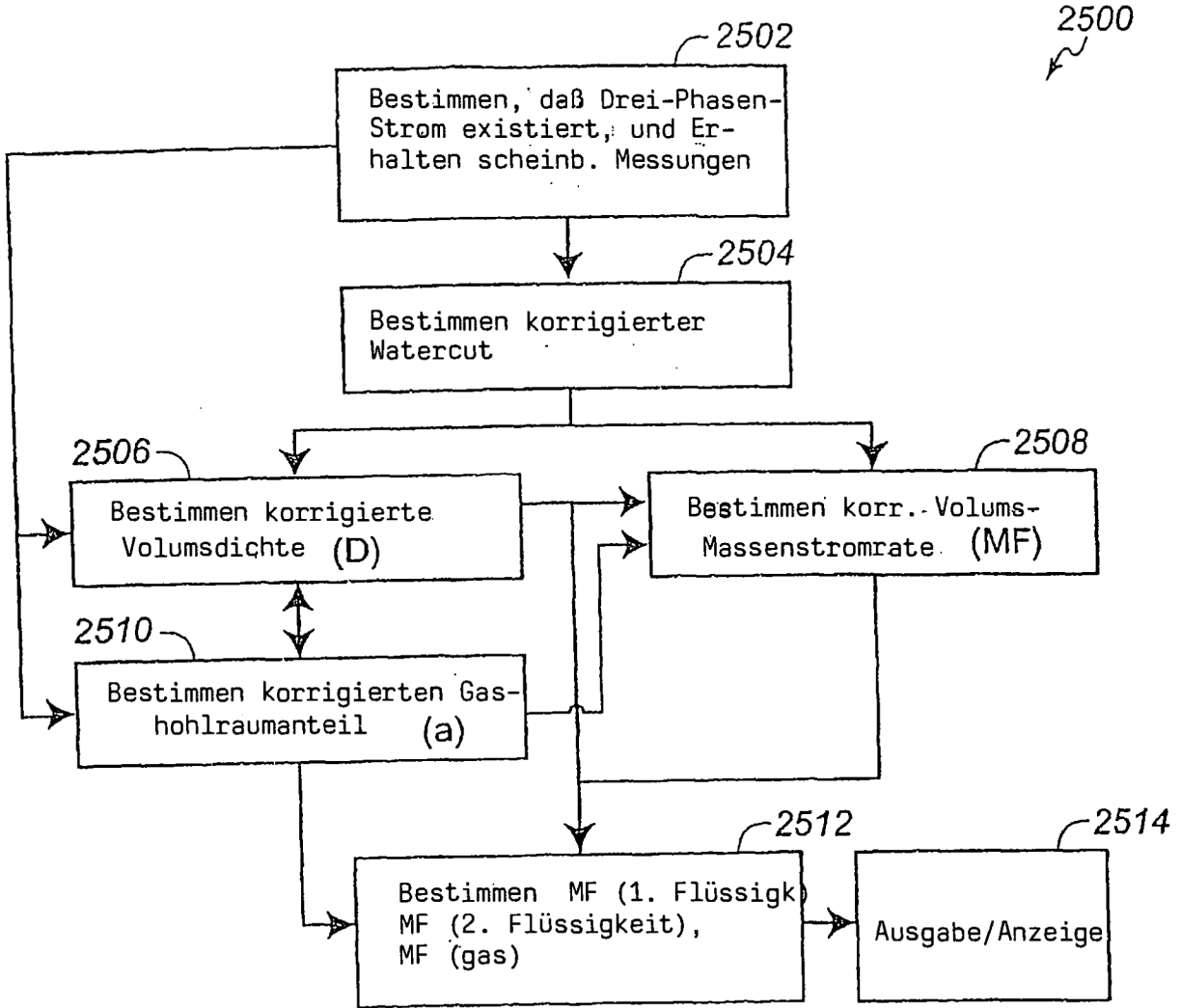


FIG. 25

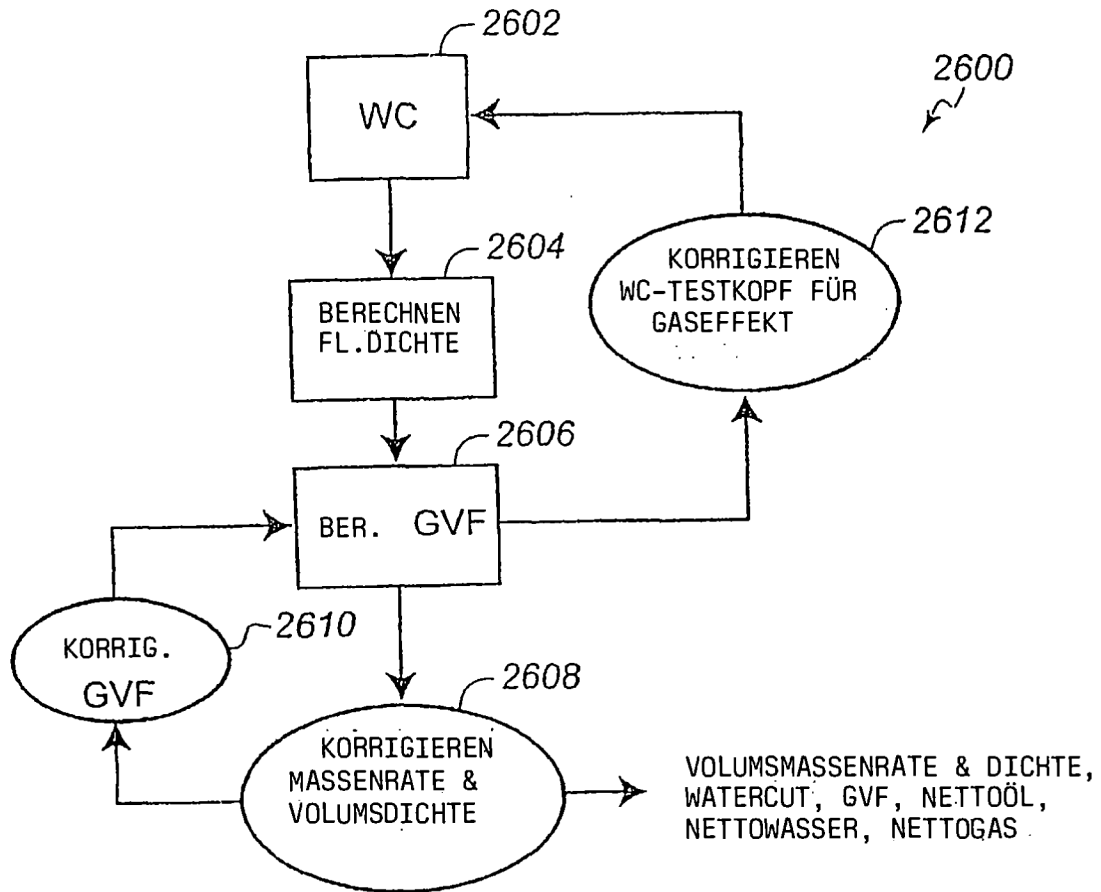


FIG. 26

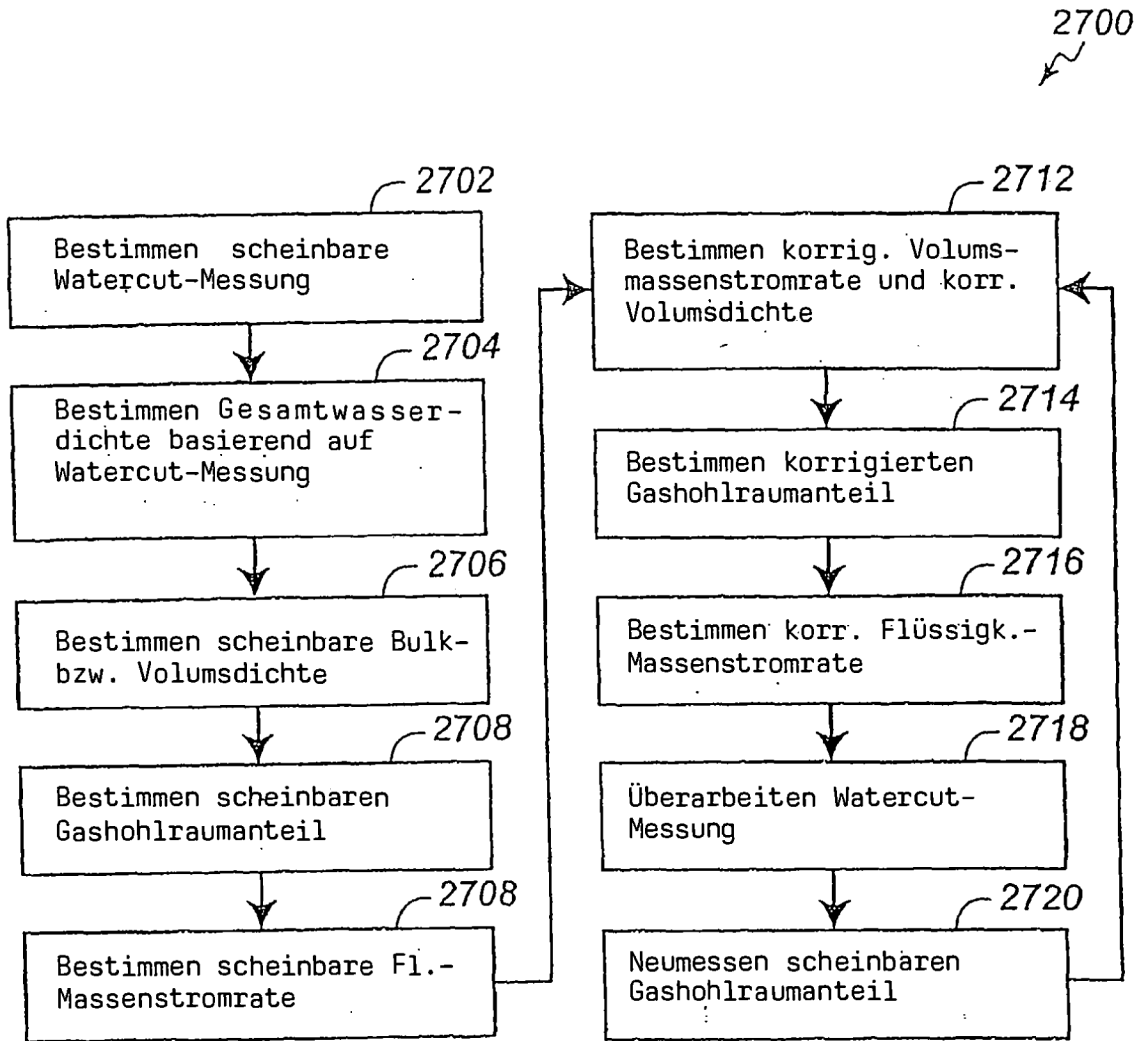


FIG. 27

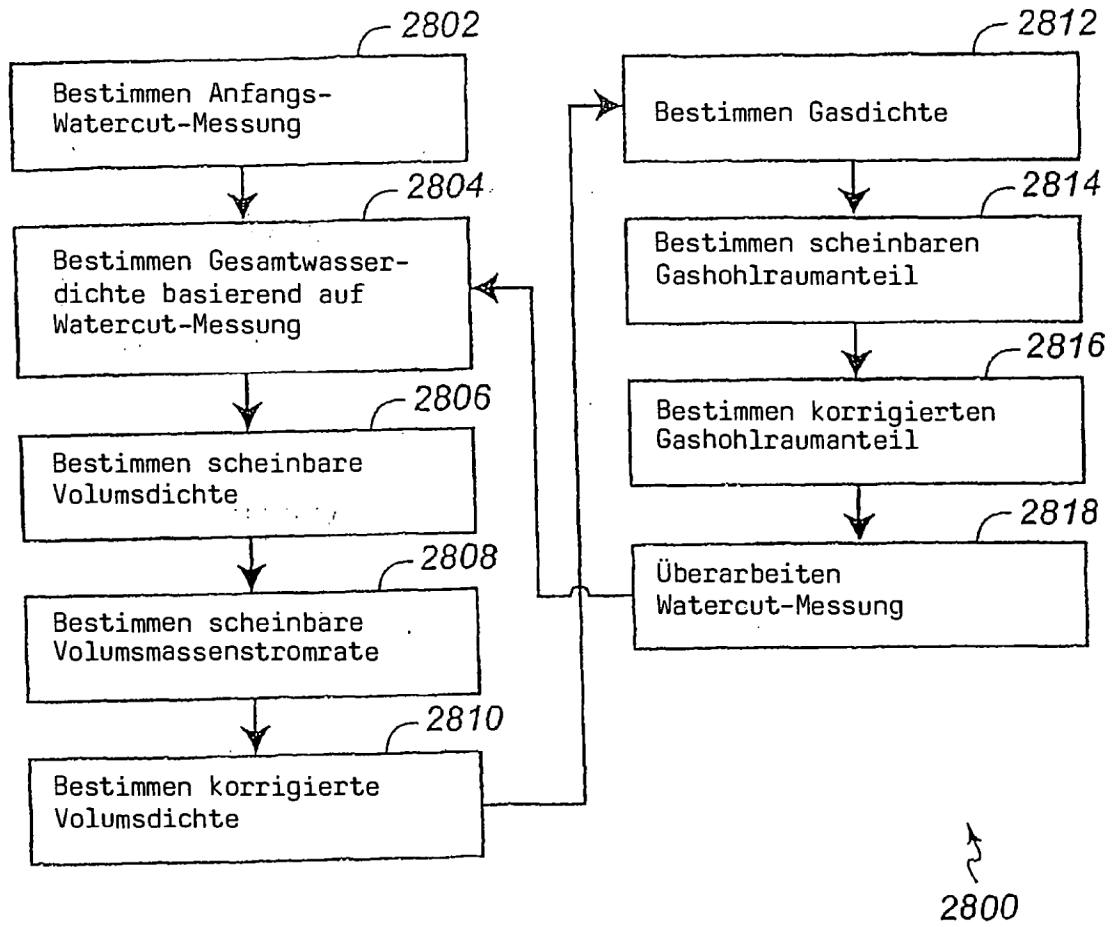


FIG. 28

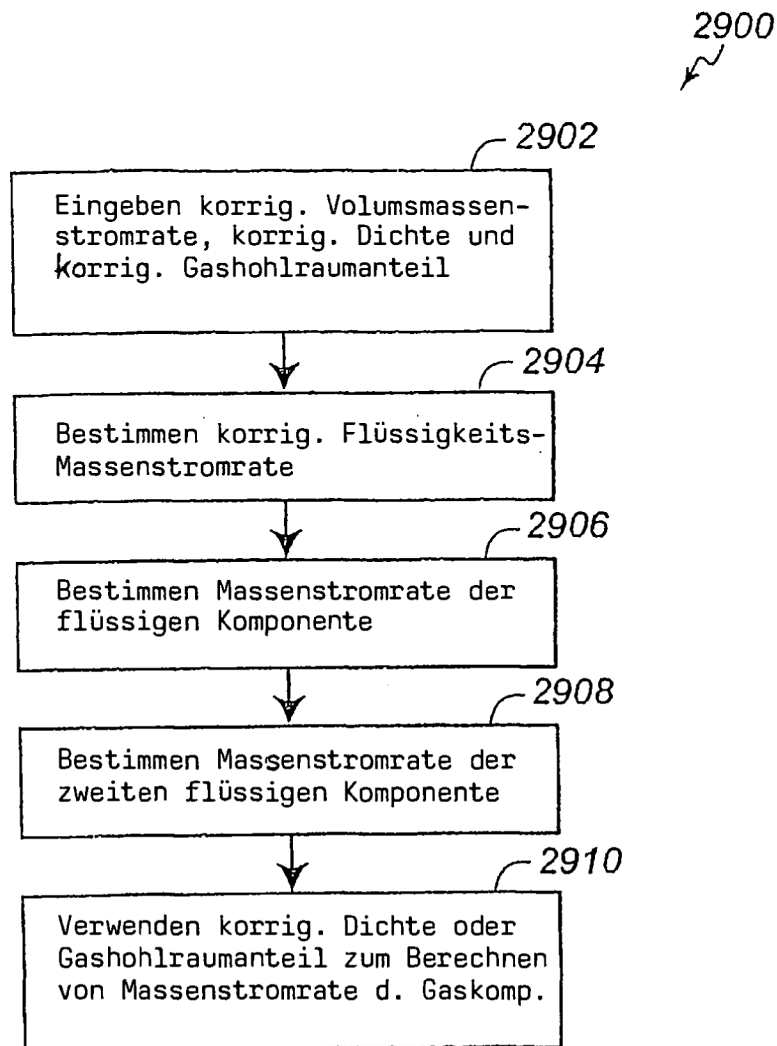


FIG. 29

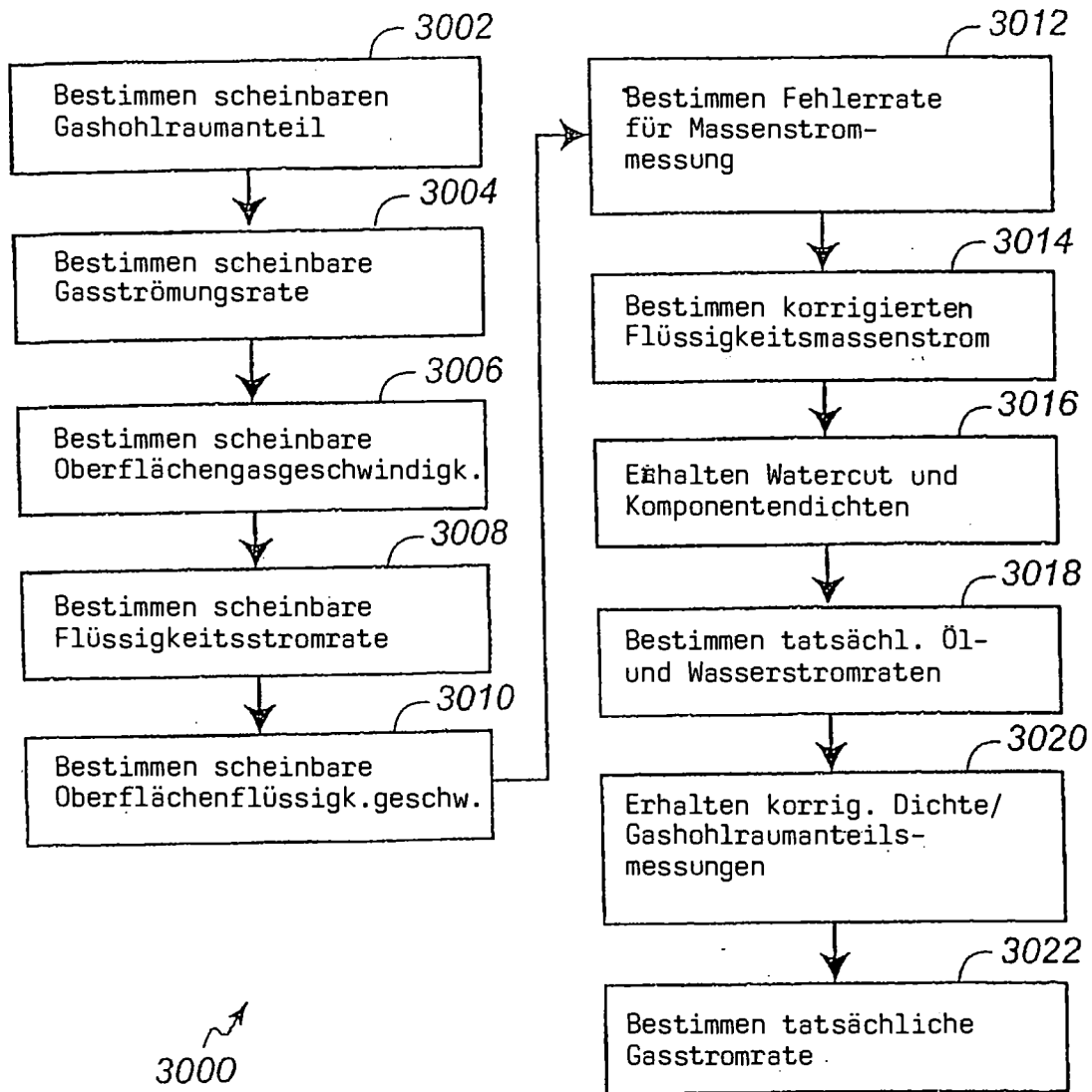
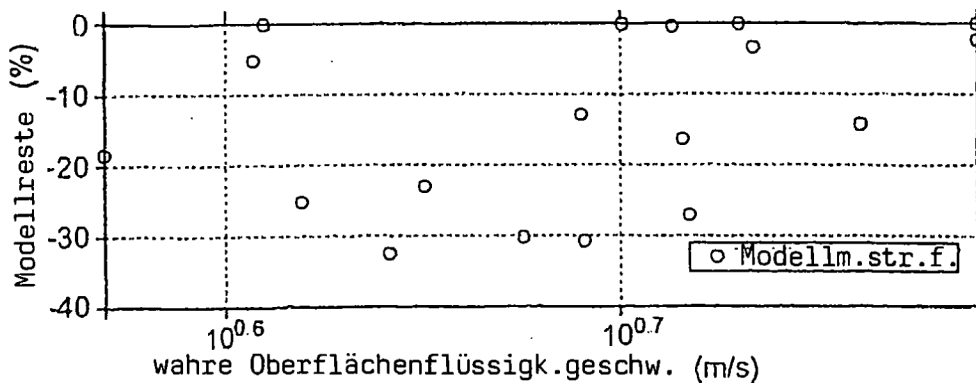
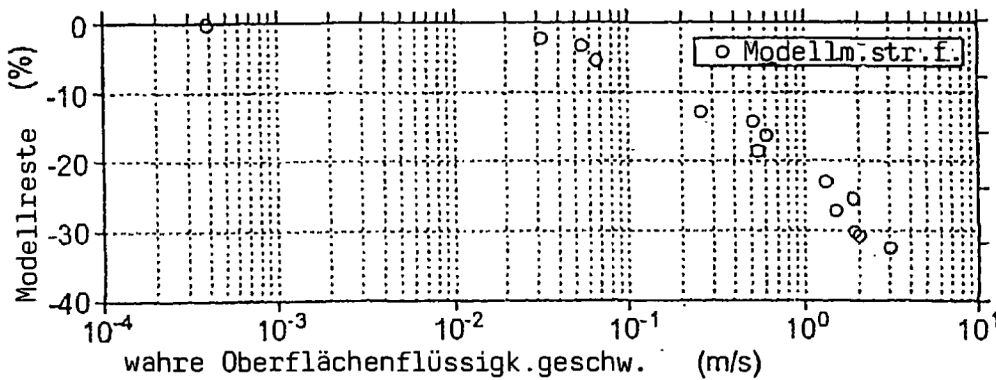
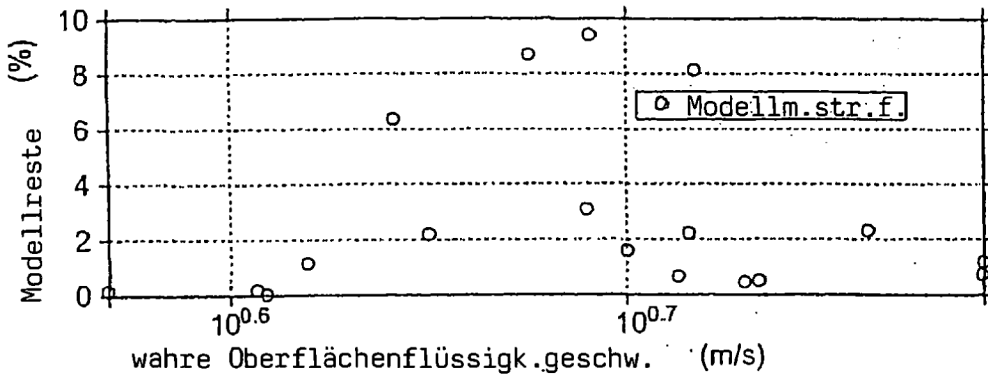
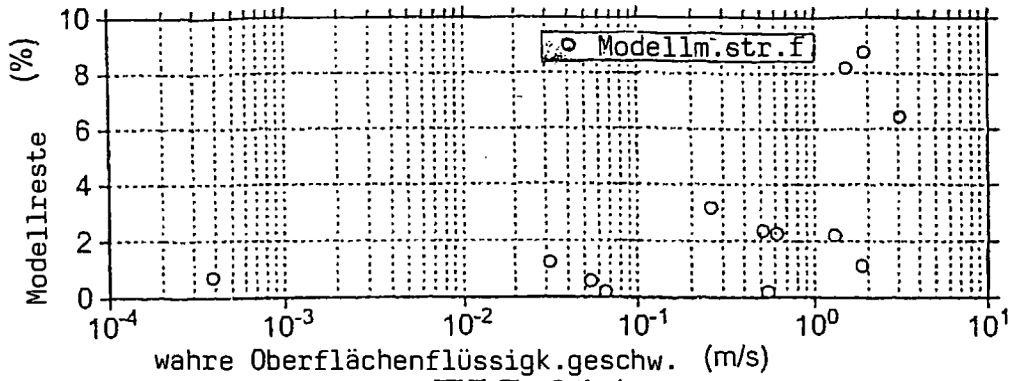


FIG. 30



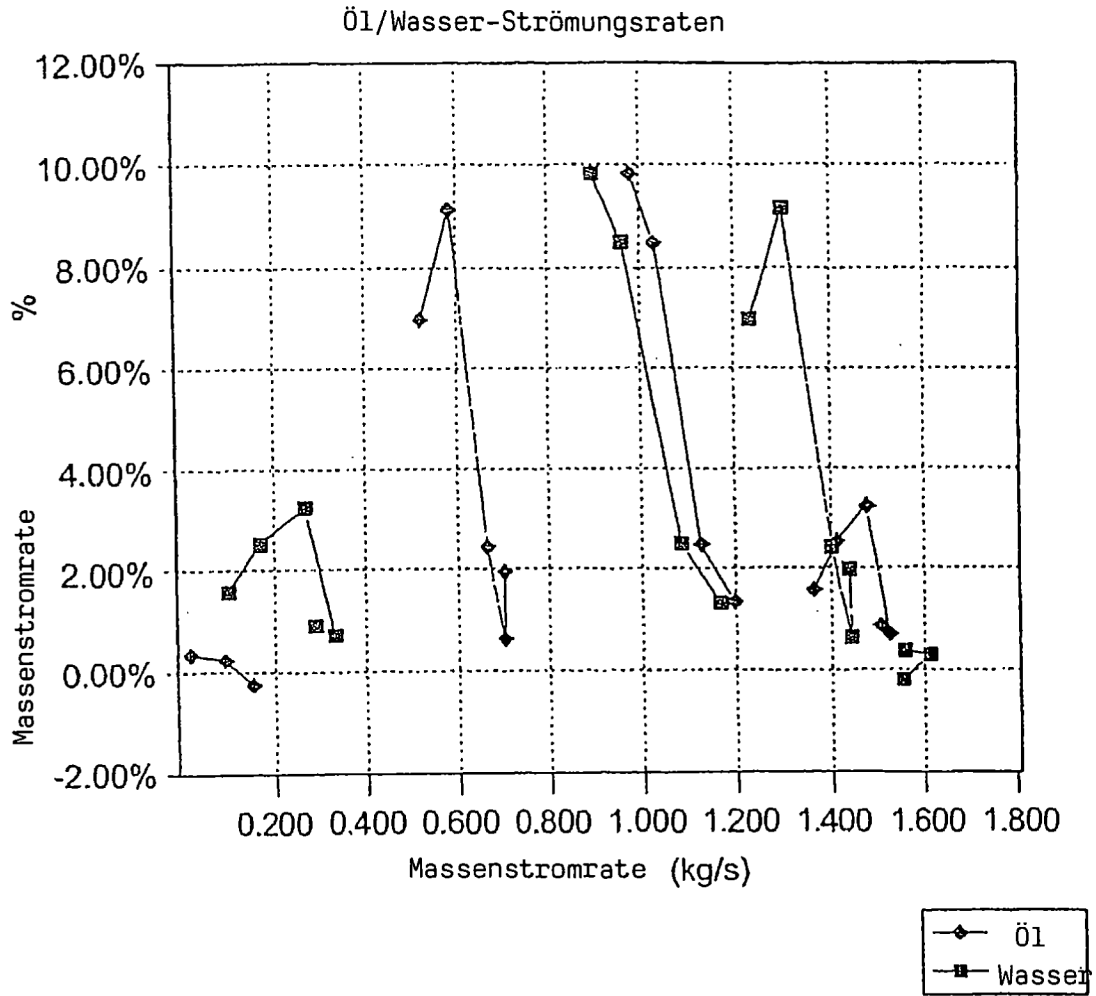


FIG. 32

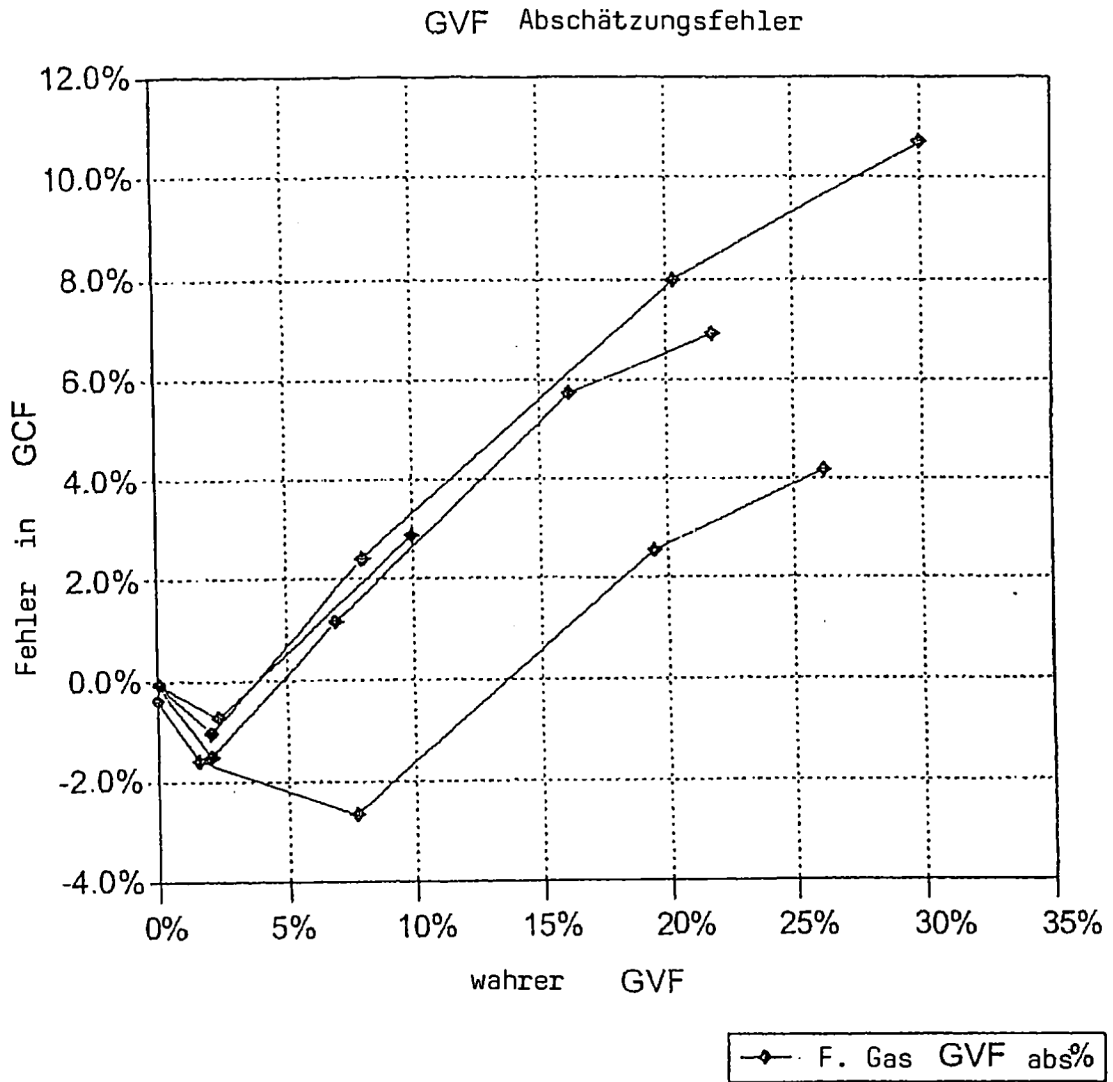


FIG. 33

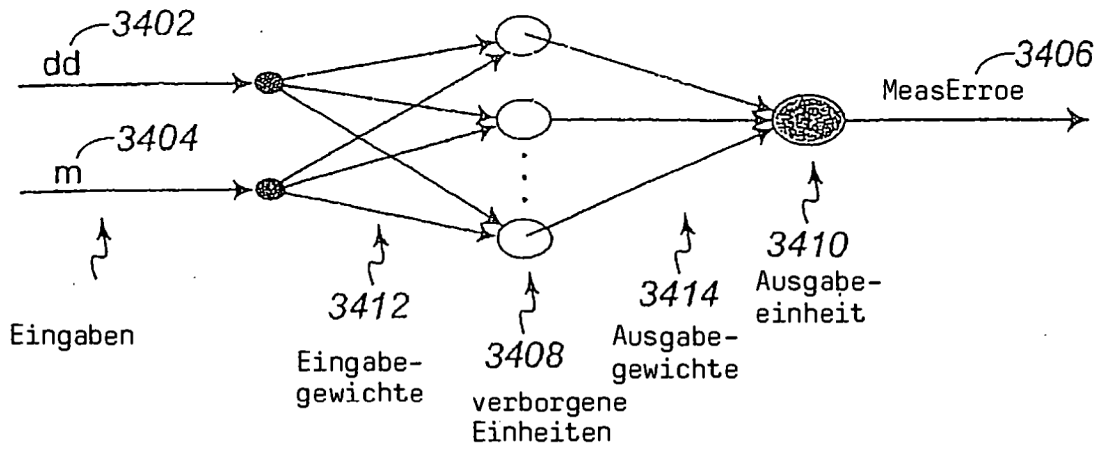


FIG. 34

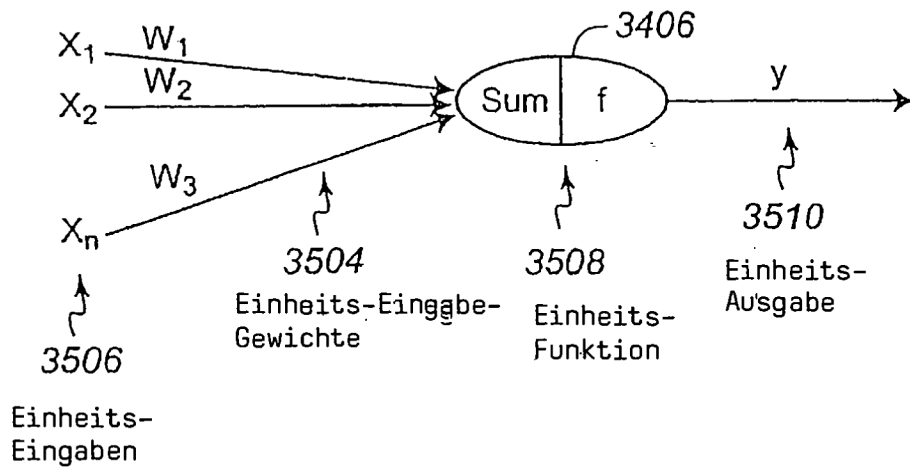


FIG. 35

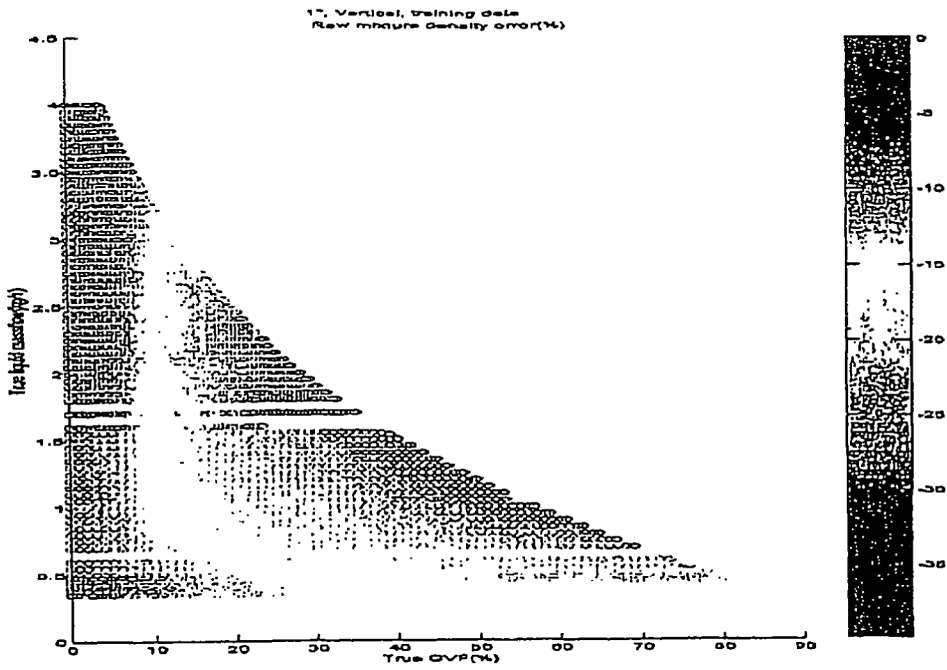


FIG. 36A

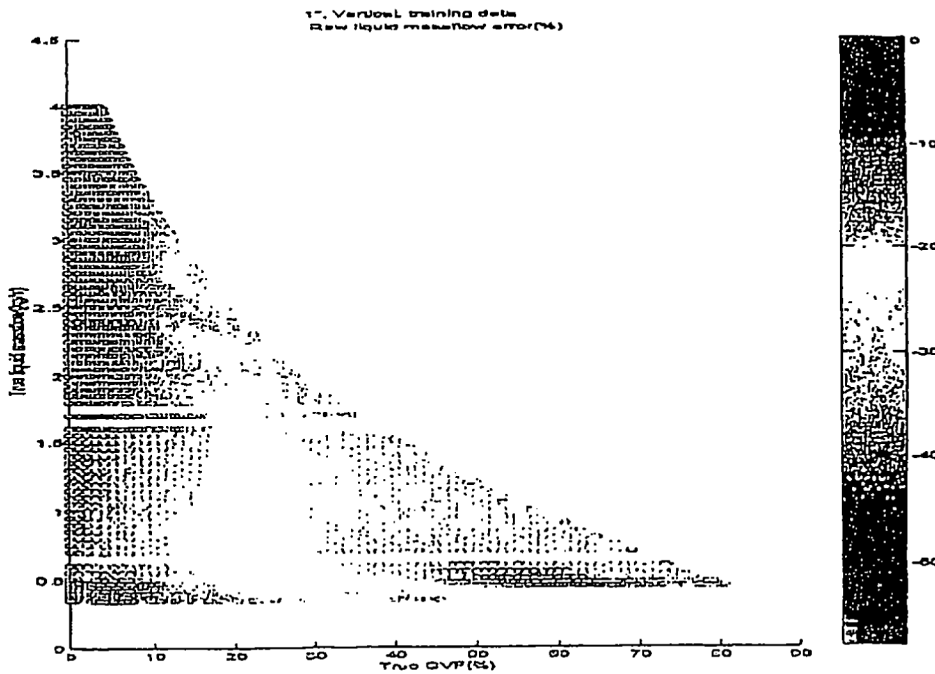


FIG. 36B

FIG. 37A

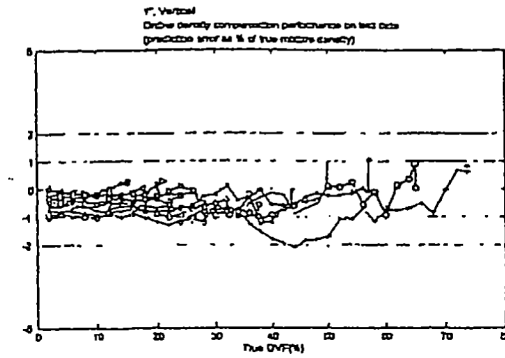


FIG. 37B

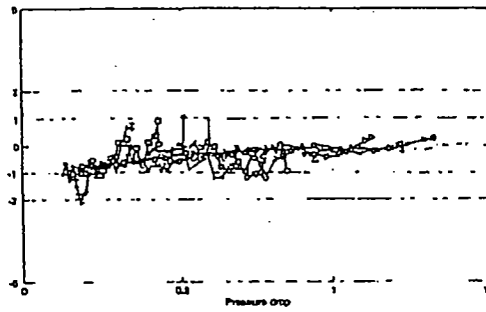


FIG. 37C

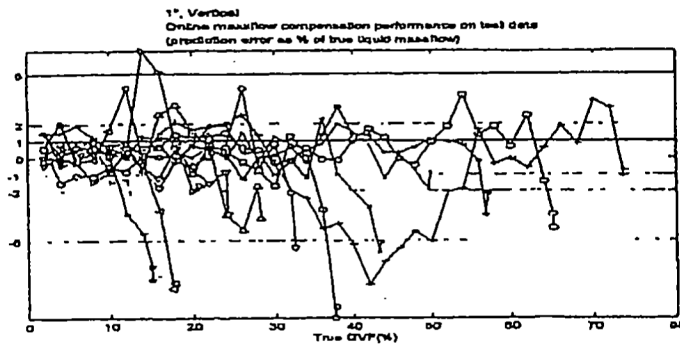
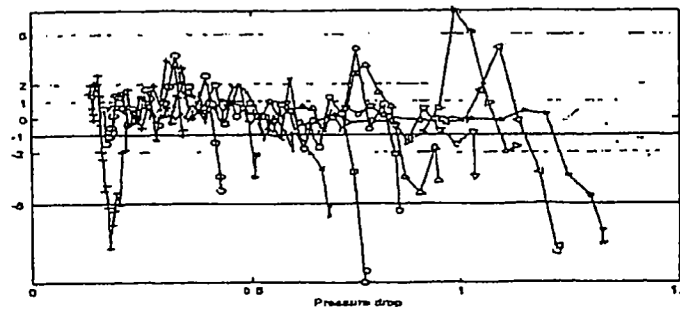


FIG. 37D



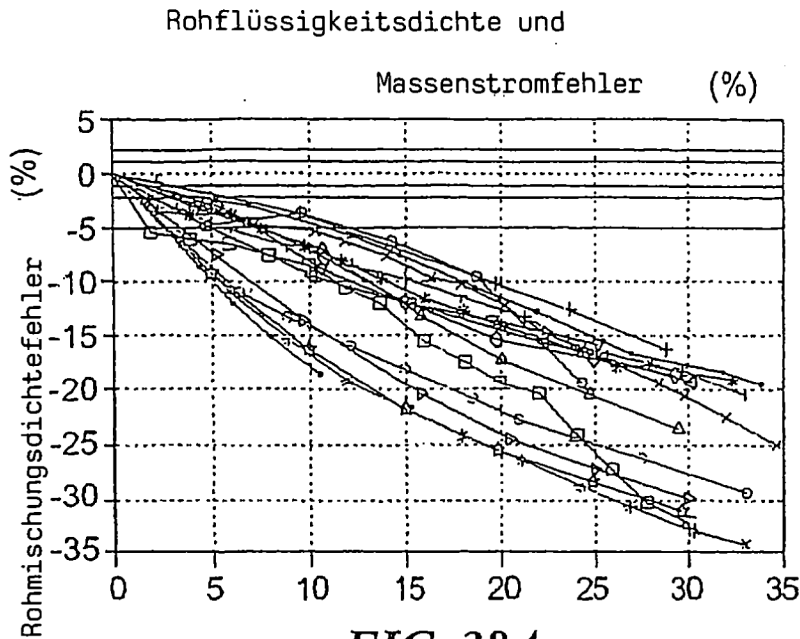


FIG. 38A

SWRI, Öl, vertikal, 3",
Test00to50wc · Strombereich:
3000bpd- 8000bpd

- + watercut 00%, 4000bpd
- o watercut 00%, 6000bpd
- * watercut 06%, 3000bpd
- watercut 06%, 4000bpd
- x watercut 06%, 6000bpd
- watercut 06%, 8000bpd
- ◇ watercut 13%, 3000bpd
- △ watercut 13%, 6000bpd
- ▽ watercut 25%, 3000bpd
- ▷ watercut 25%, 7000bpd
- ◁ watercut 35%, 3000bpd
- ☆ watercut 35%, 7000bpd
- + watercut 50%, 3000bpd
- o watercut 50%, 5000bpd
- * watercut 50%, 7000bpd
- watercut 50%, 8000bpd

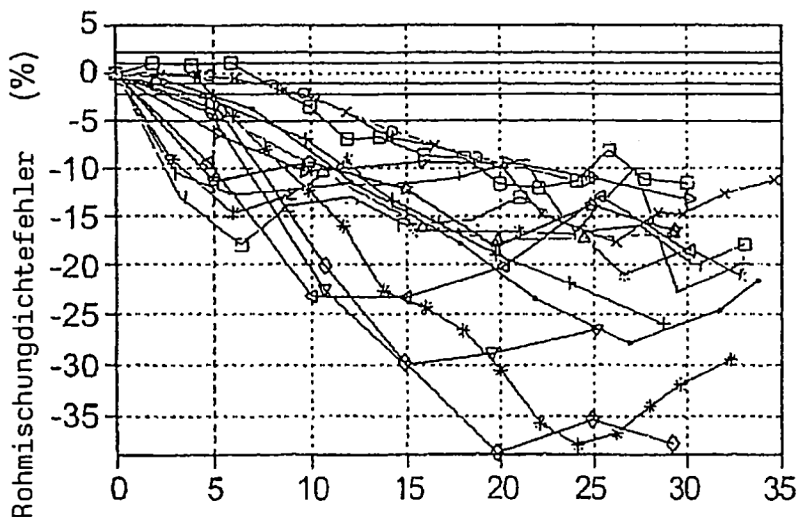


FIG. 38B

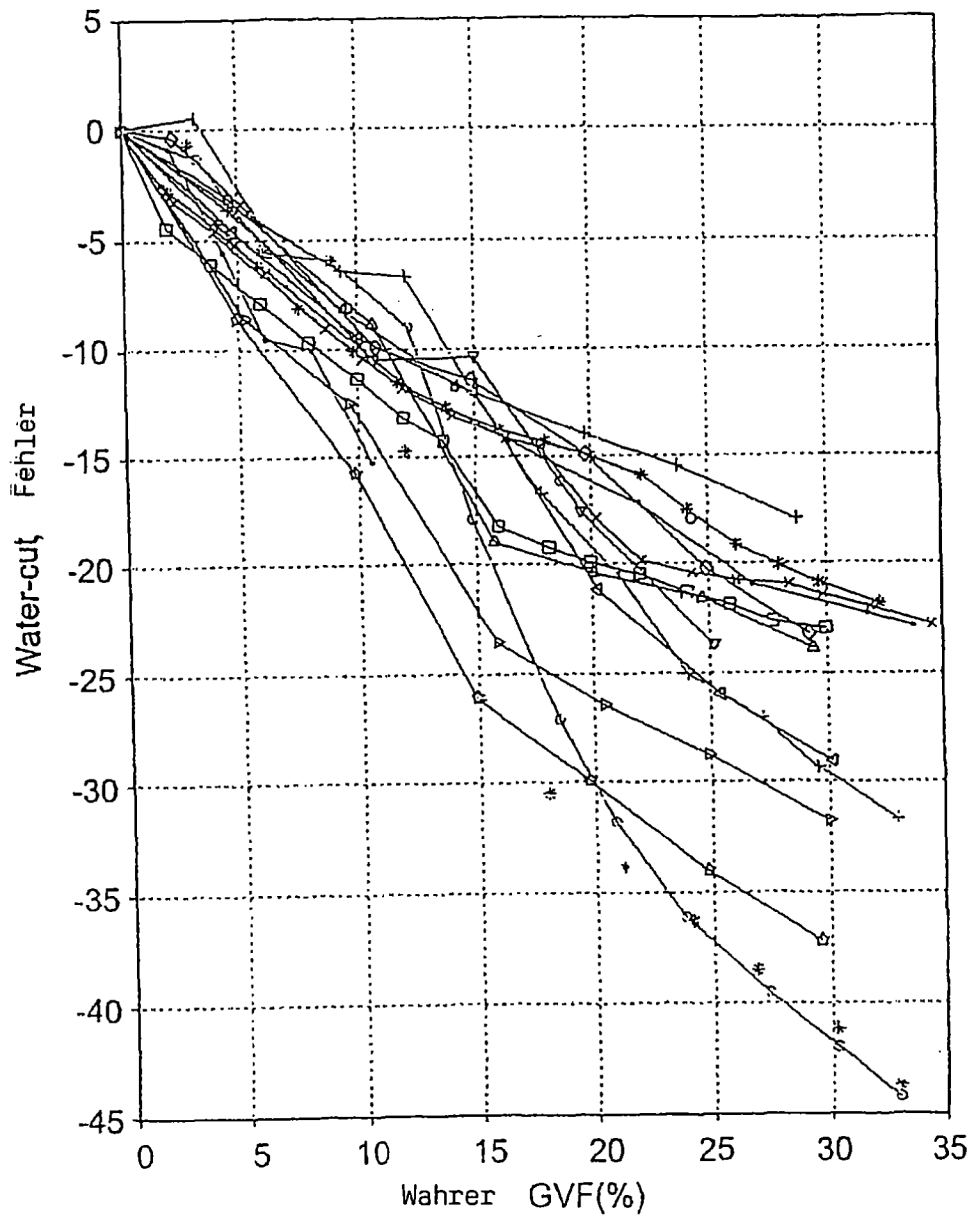


FIG. 39

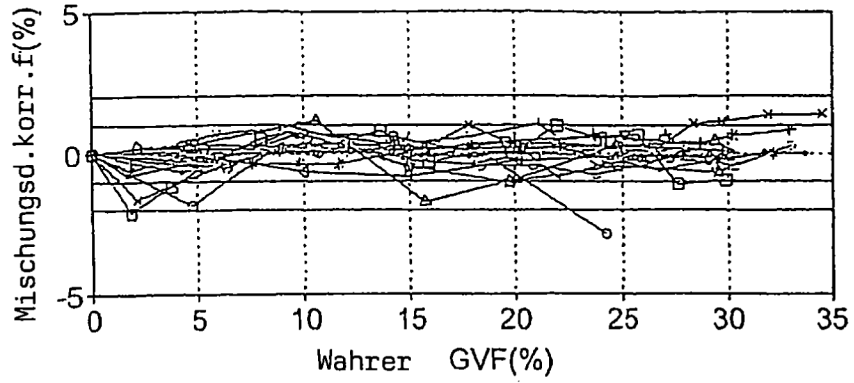


FIG. 40A

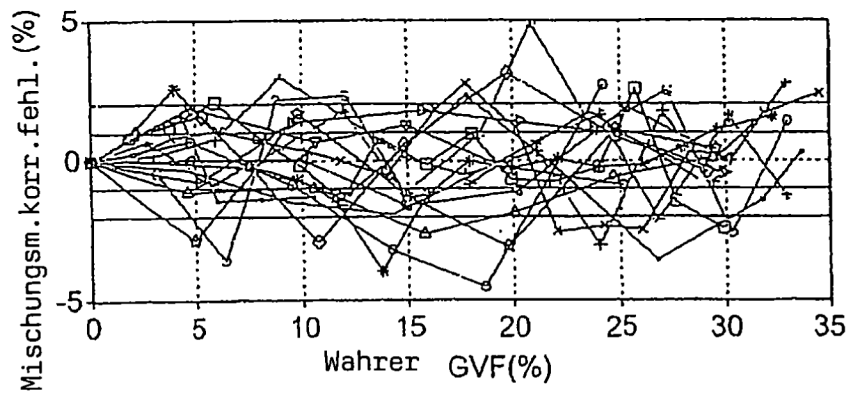


FIG. 40B

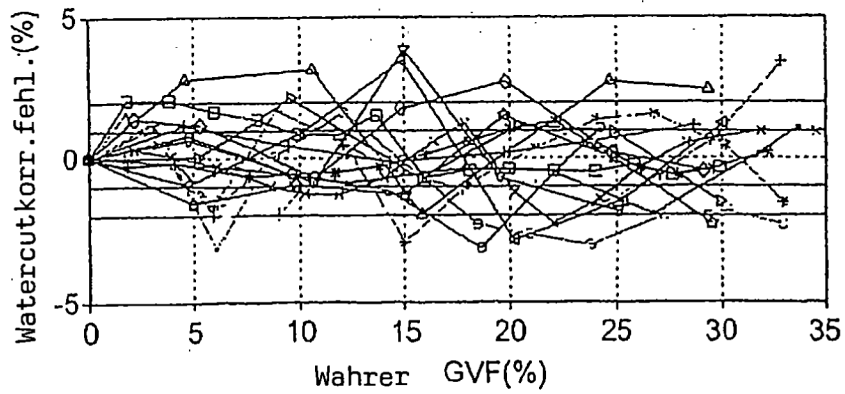


FIG. 40C

FIG. 41A

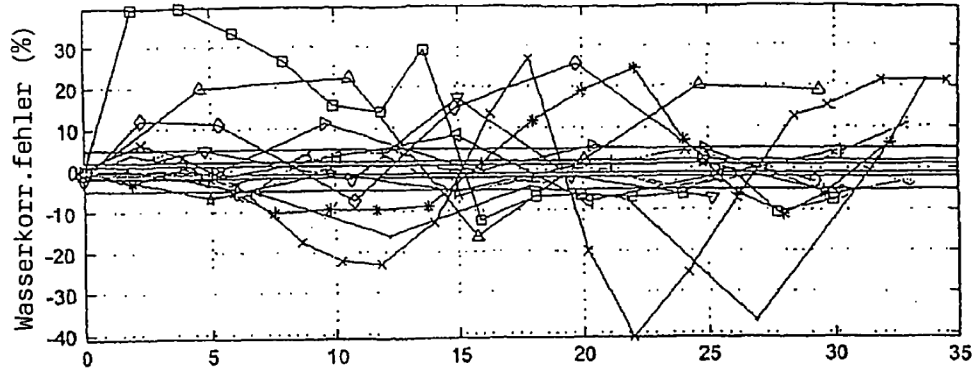


FIG. 41B

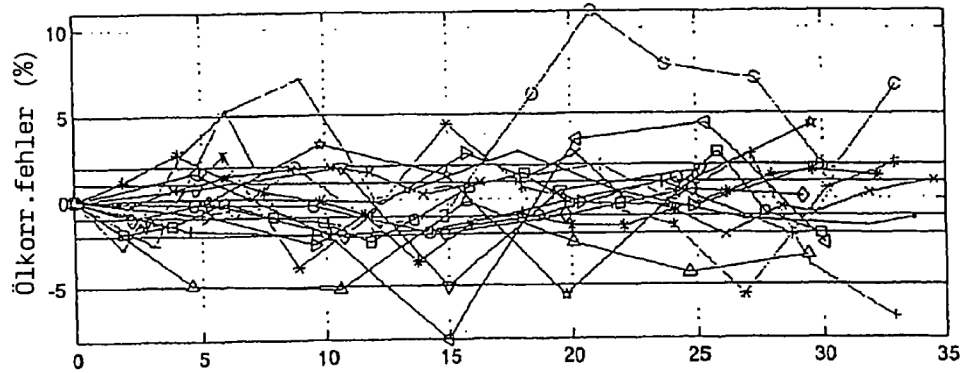
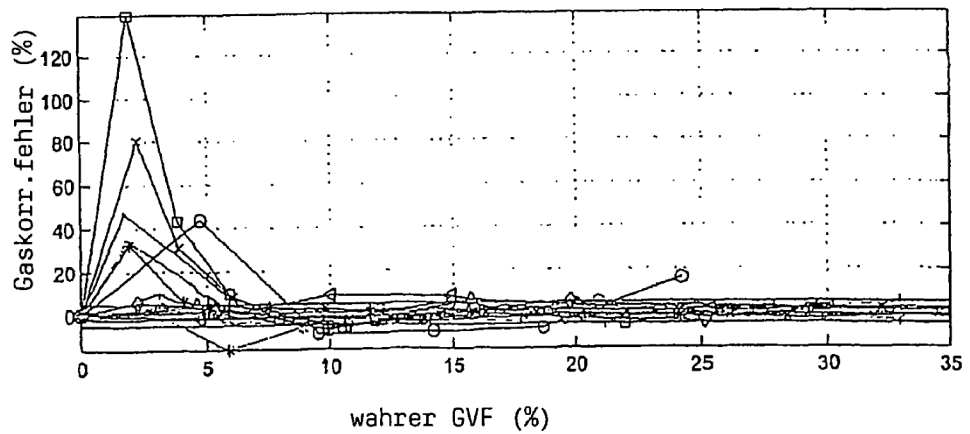


FIG. 41C



Wasservolumsstrom-Voraussagegenauigkeit leitungsweise
 (% des wahren Werts)
 mit Kenntnis des wahren Werts

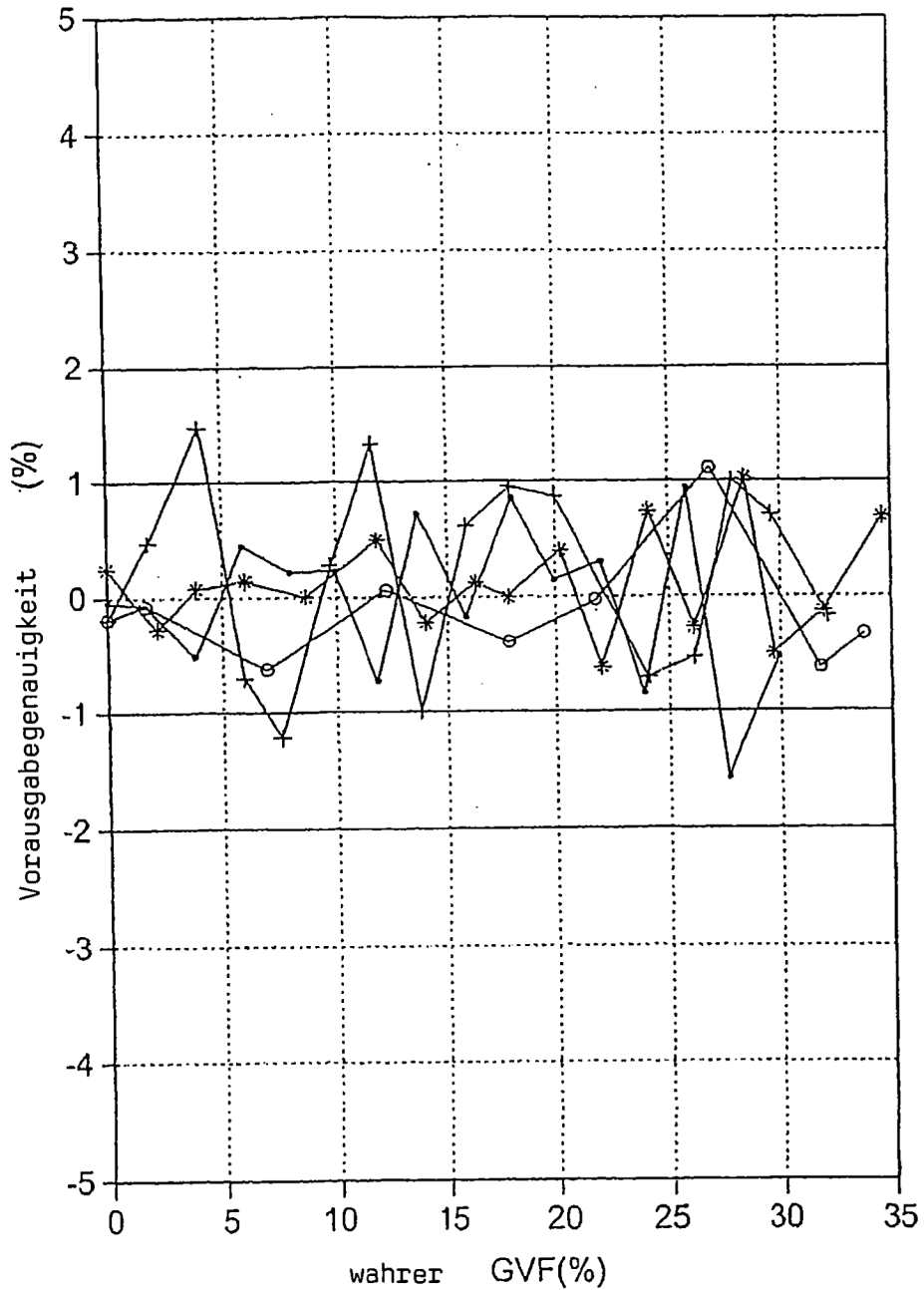


FIG. 42

Wasservolumsstrom-Voraussagegenauigkeit leitungsweise
 (% des wahren Werts)
 mit Kenntnis des wahren Watercuts

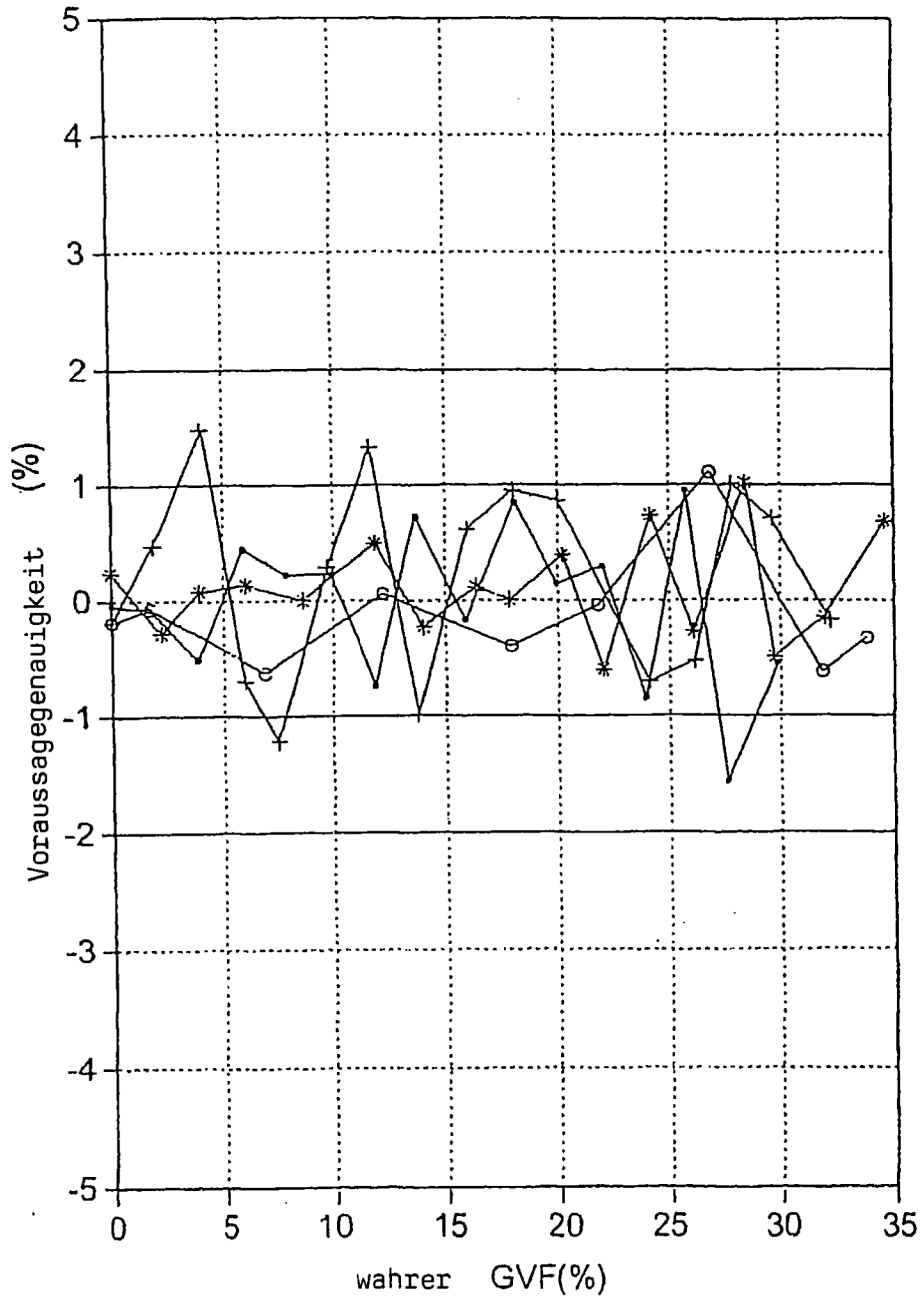


FIG. 43

Wasservolumsstrom-Voraussagegenauigkeit leitungsweise
(% des wahren Werts)
mit Kenntnis des wahren Watercuts

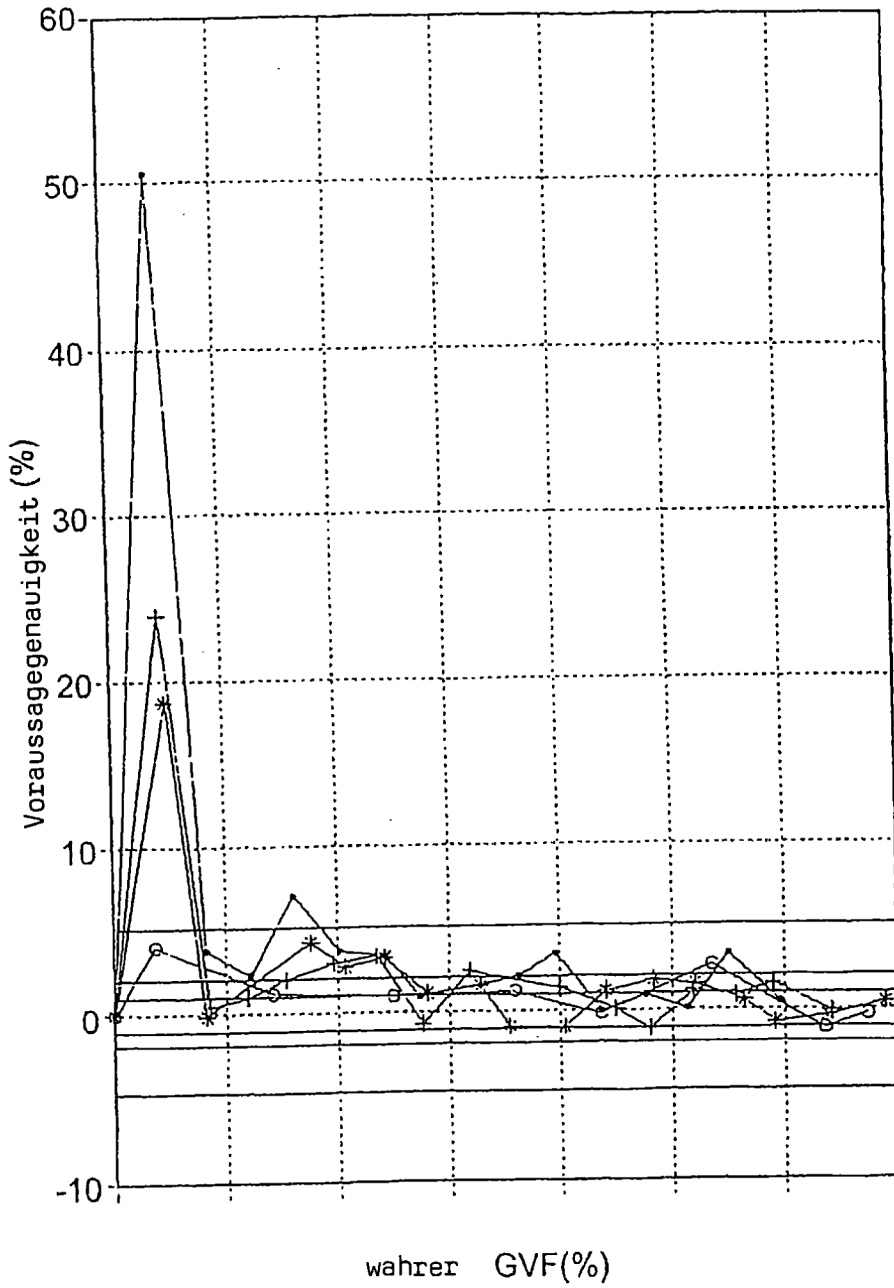


FIG. 44

Wasservolumsstrom-Voraussagegenauigkeit leitungsweise
(% des wahren Werts)
+ 1 % Variation in Watercut von Referenz

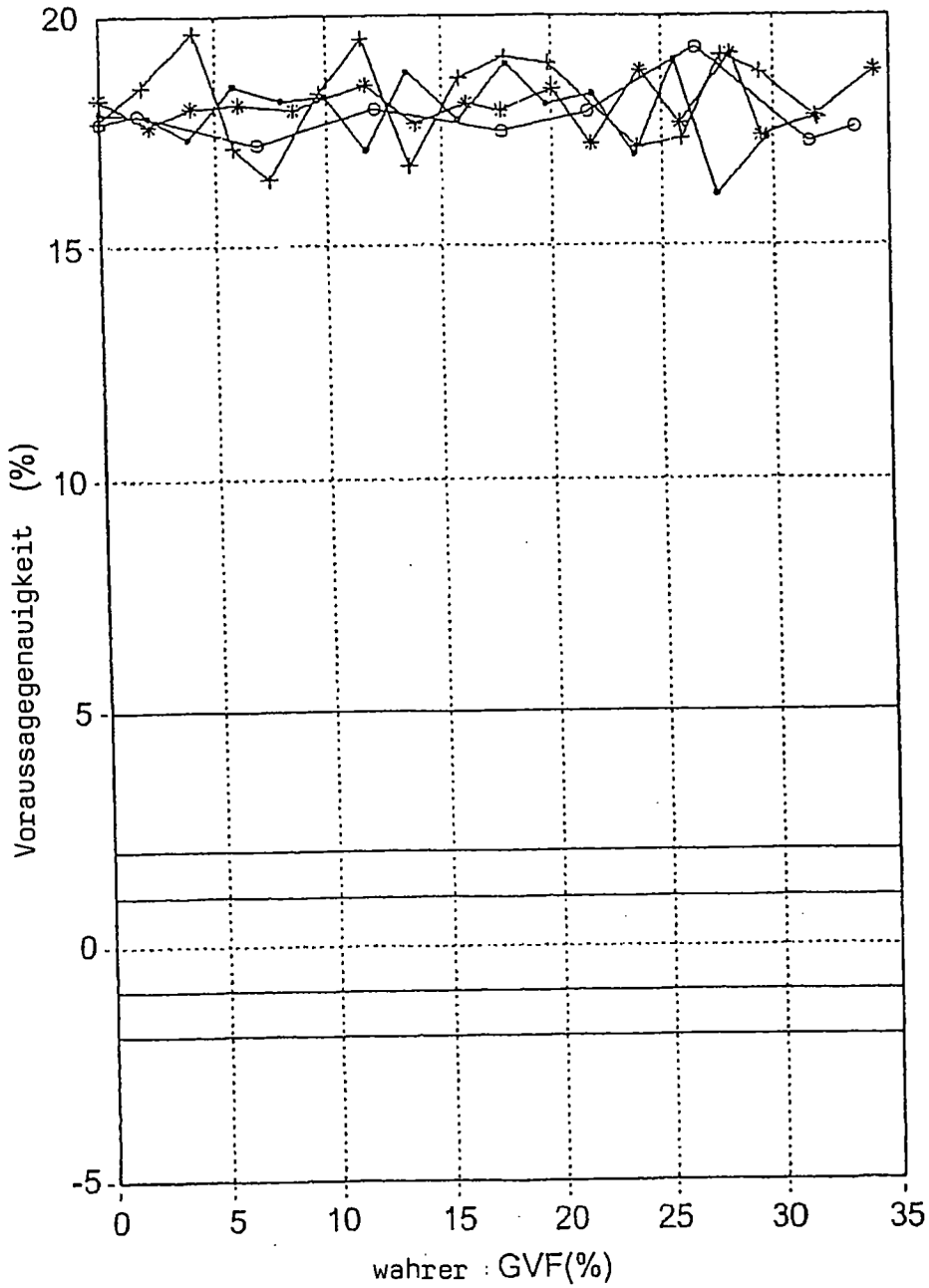


FIG. 45

Ölvolumsstrom-Voraussagegenauigkeit leitungsweise
 (% des wahren Werts)
 + 1 % Variation in Watercut von Referenz

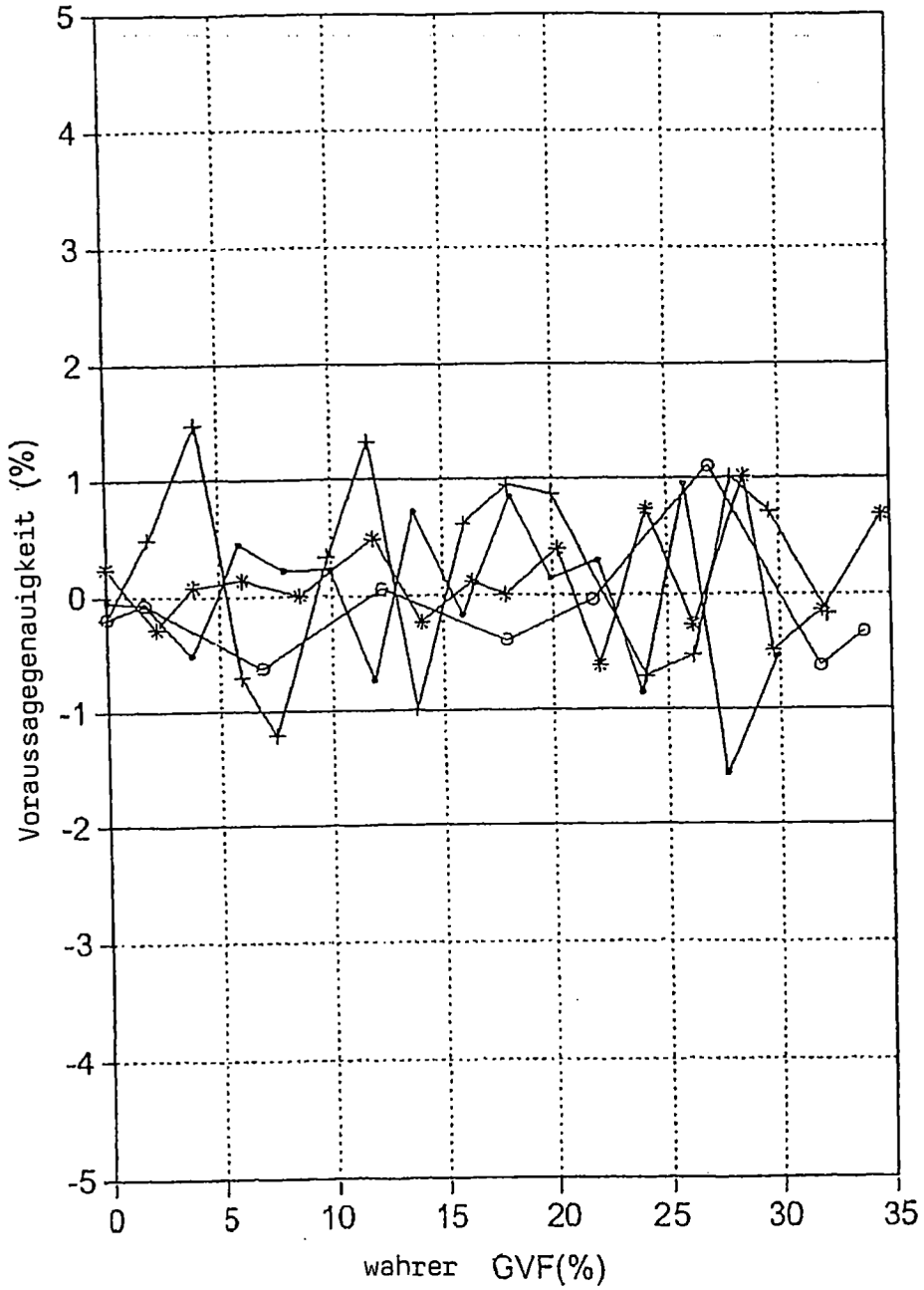


FIG. 46

Gasvolumenstrom-Voraussagegenauigkeit leitungsweise
 (% des wahren Werts)
 + 1 % Variation in Watercut von Referenz

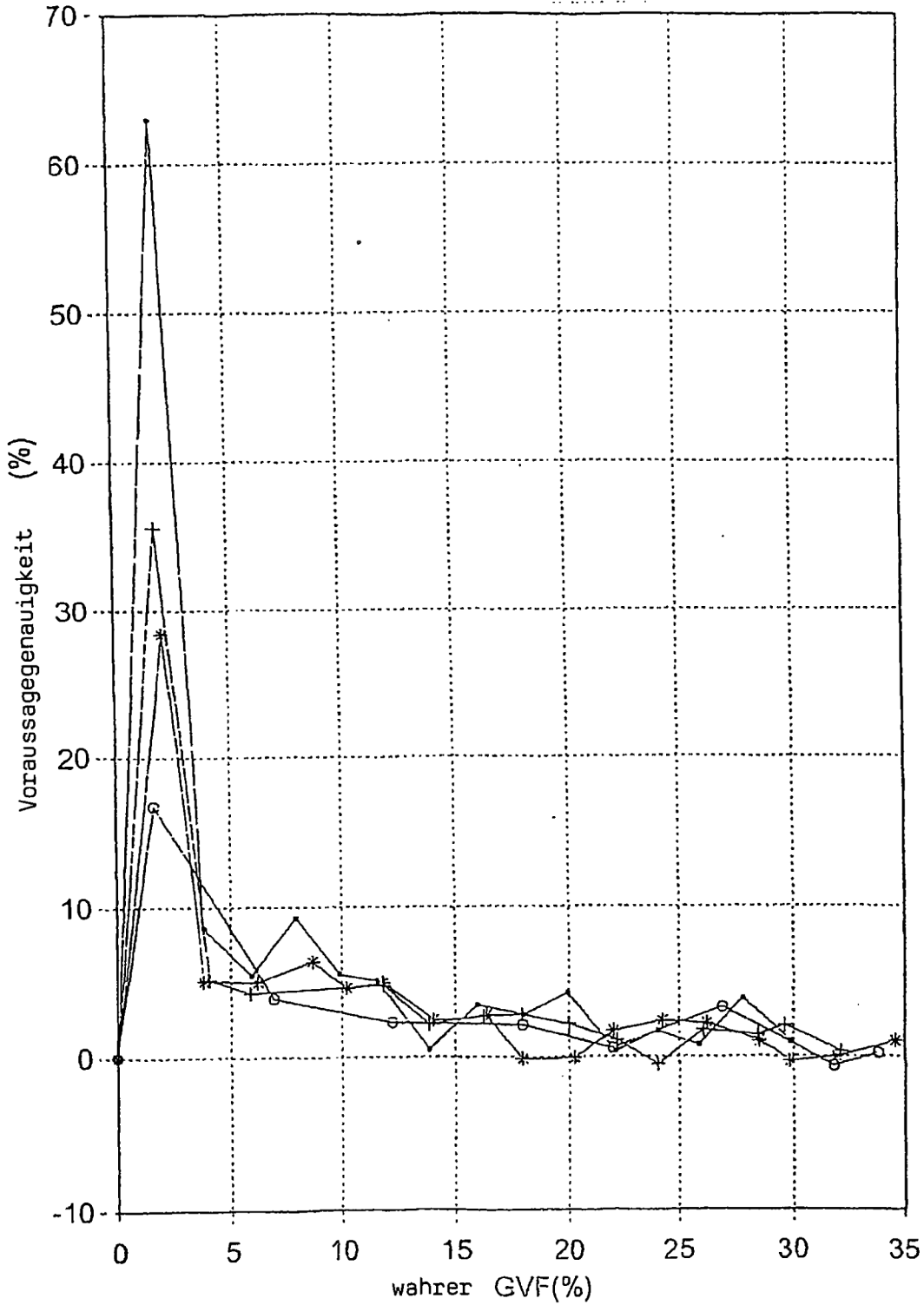


FIG. 47

Watercut-Korrekturgenauigkeit an den Modelltrainingsdaten

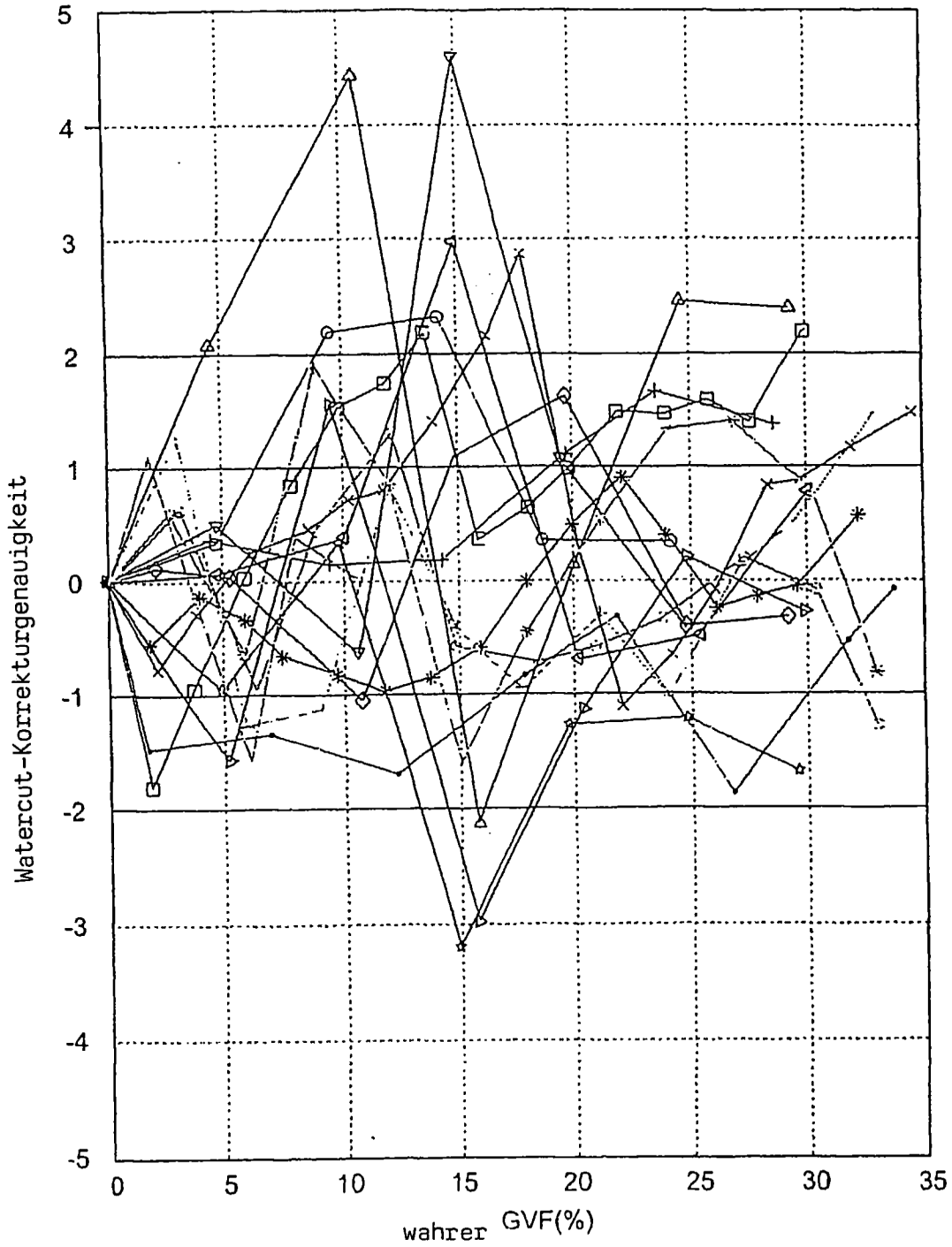


FIG. 48

Vergleich zw. Modellausgabe und gewünschter Ausgabe für Test 25wc, 3000bpd

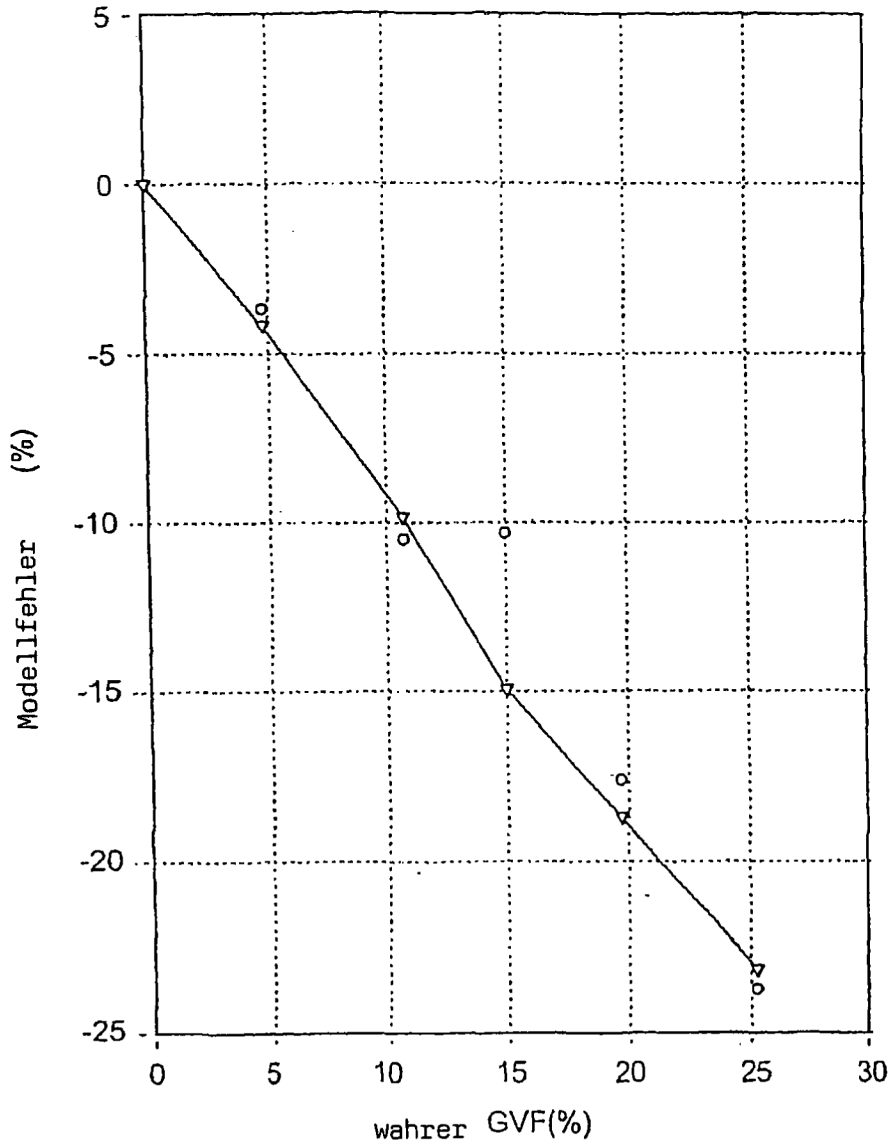


FIG. 49

1050000000 04 00 0013

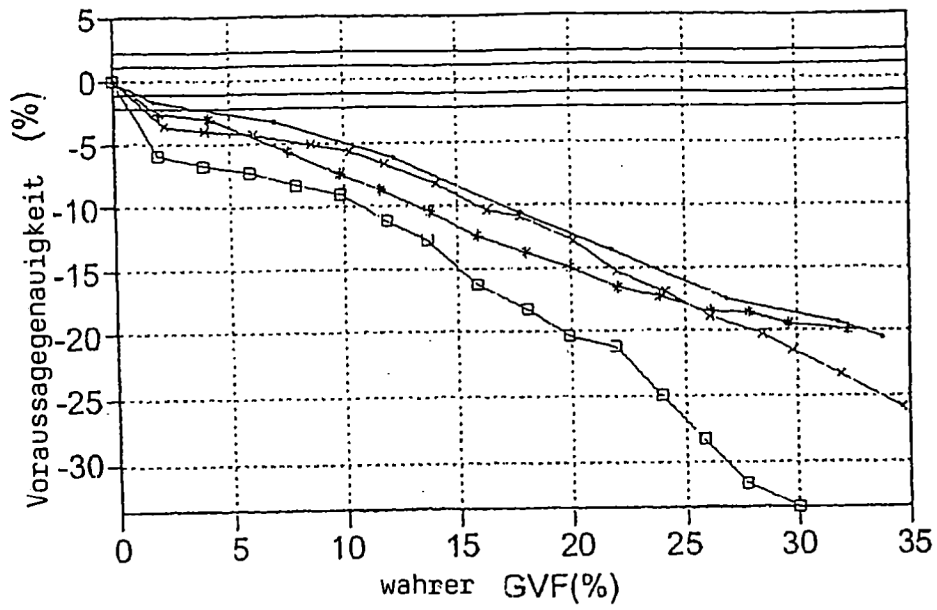


FIG. 50A

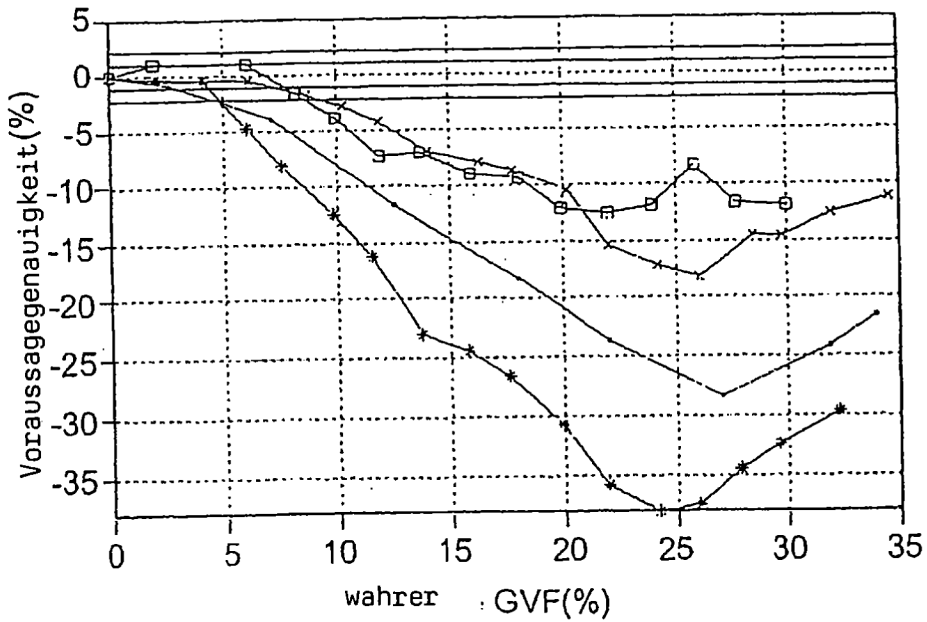


FIG. 50B

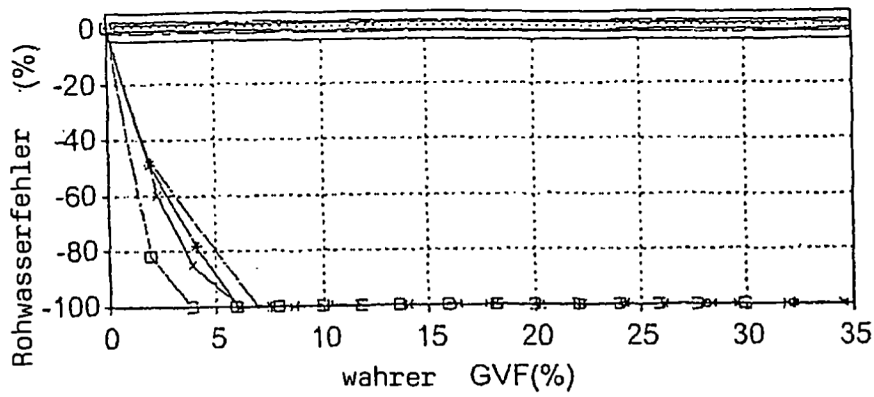


FIG. 51A

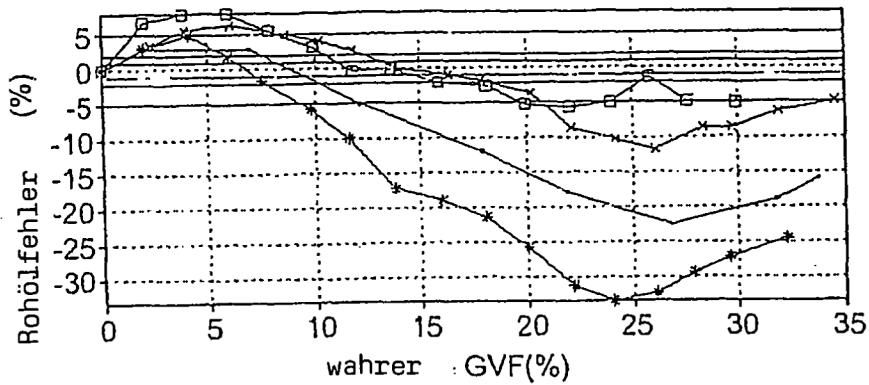


FIG. 51B

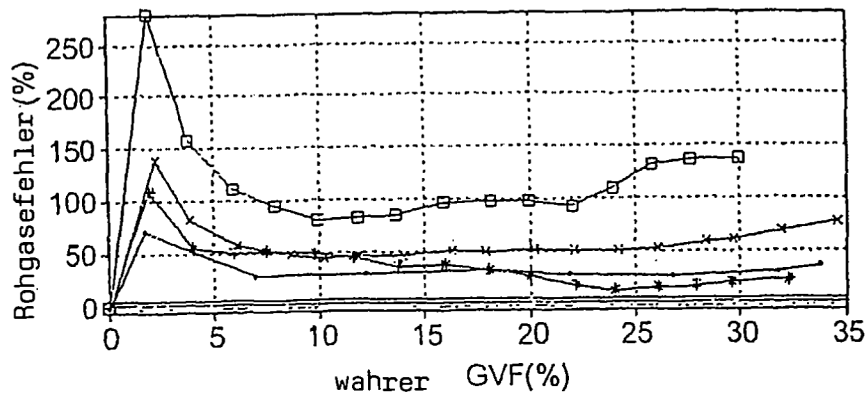


FIG. 51C

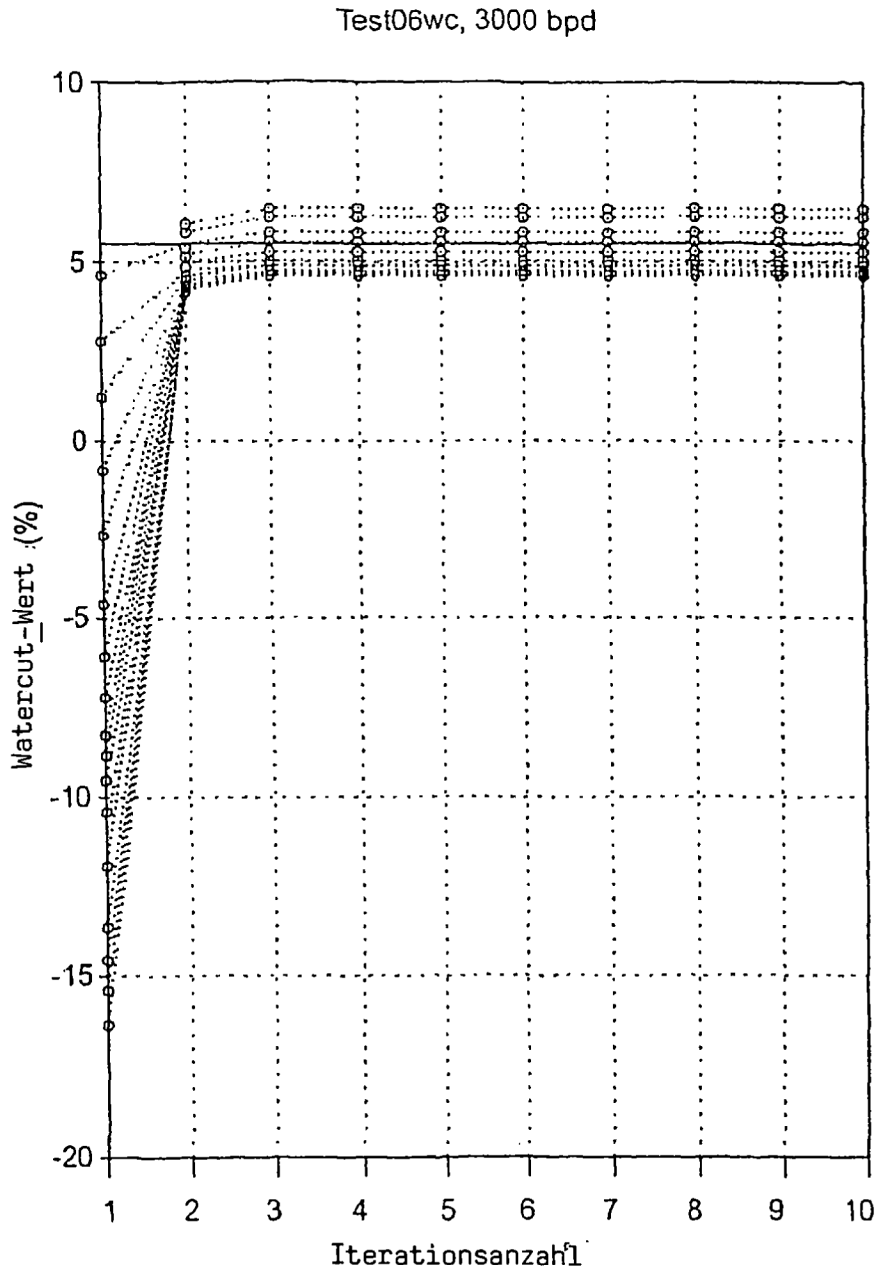


FIG. 52

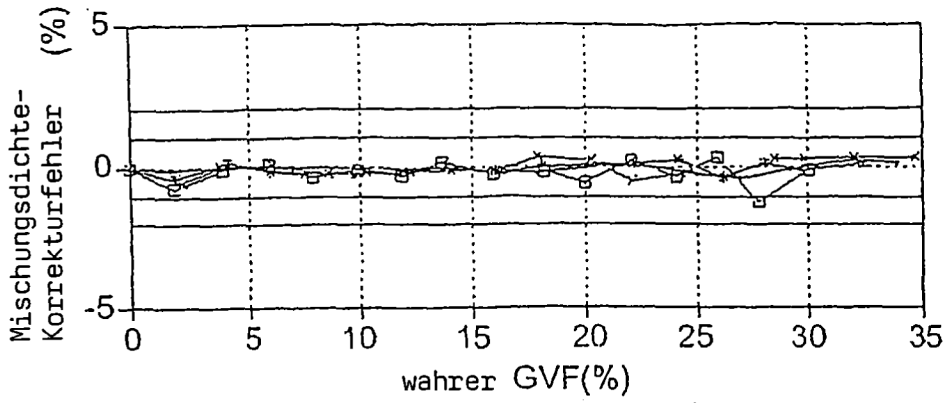


FIG. 53A

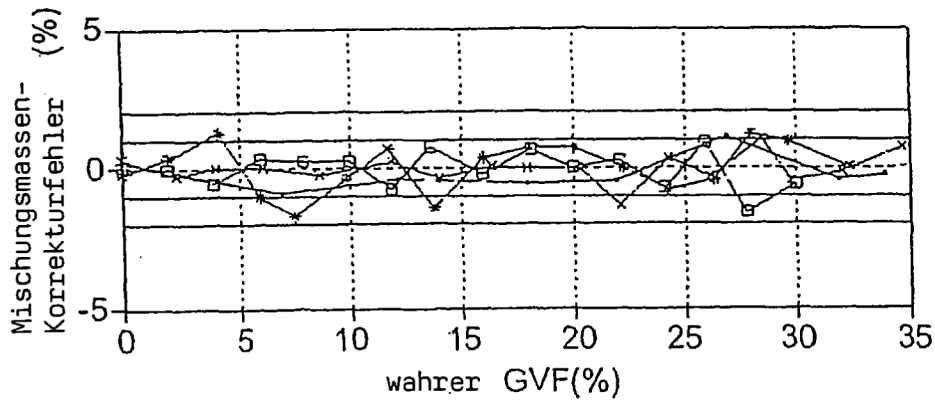


FIG. 53B

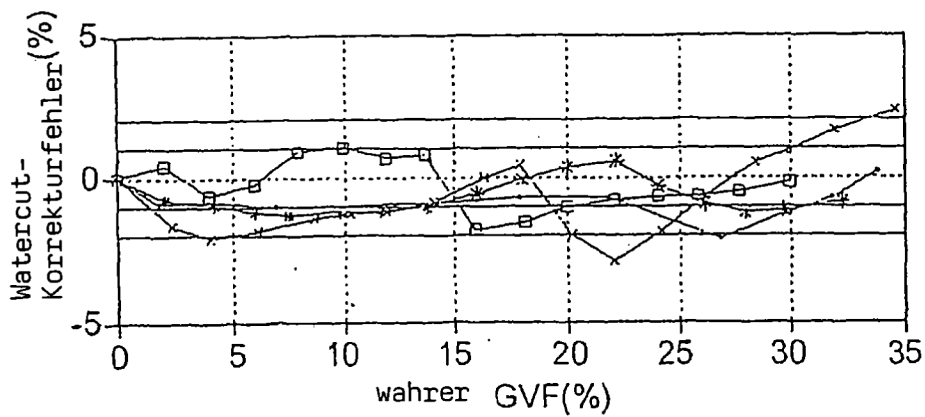


FIG. 53C

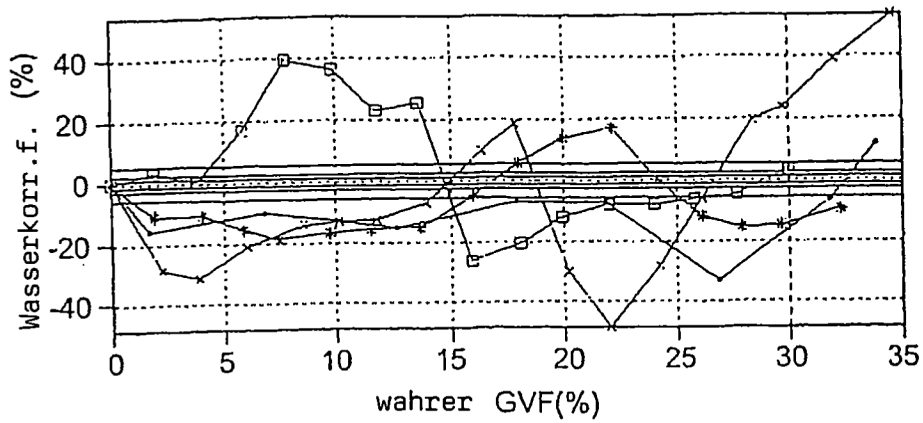


FIG. 54A

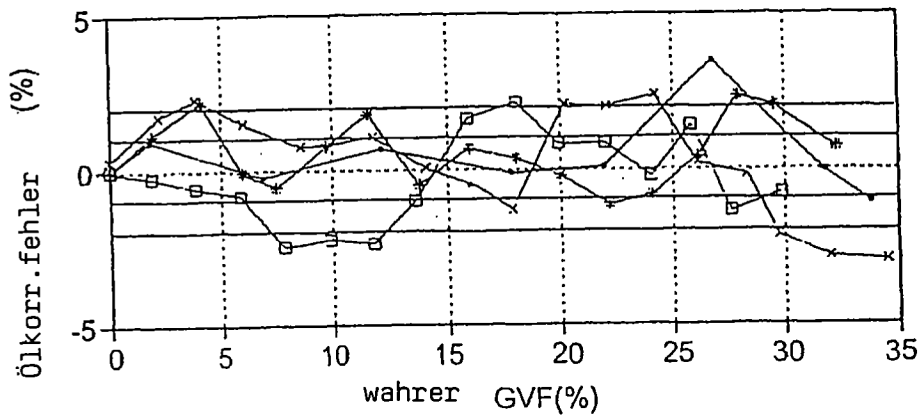


FIG. 54B

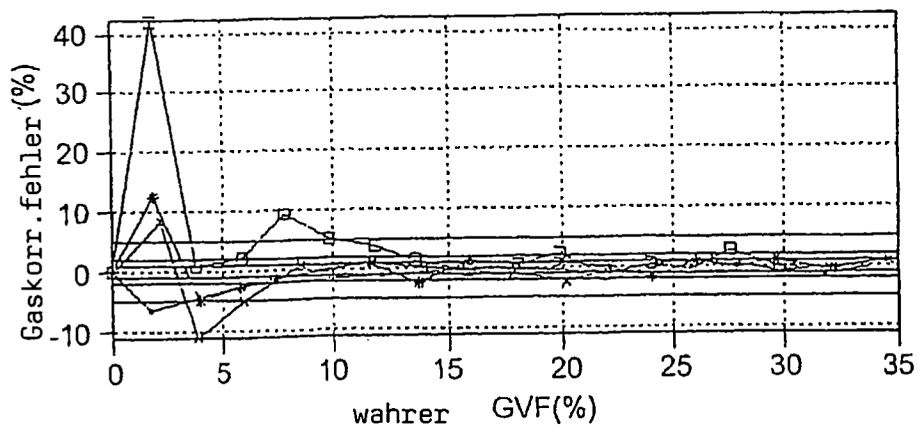


FIG. 54C

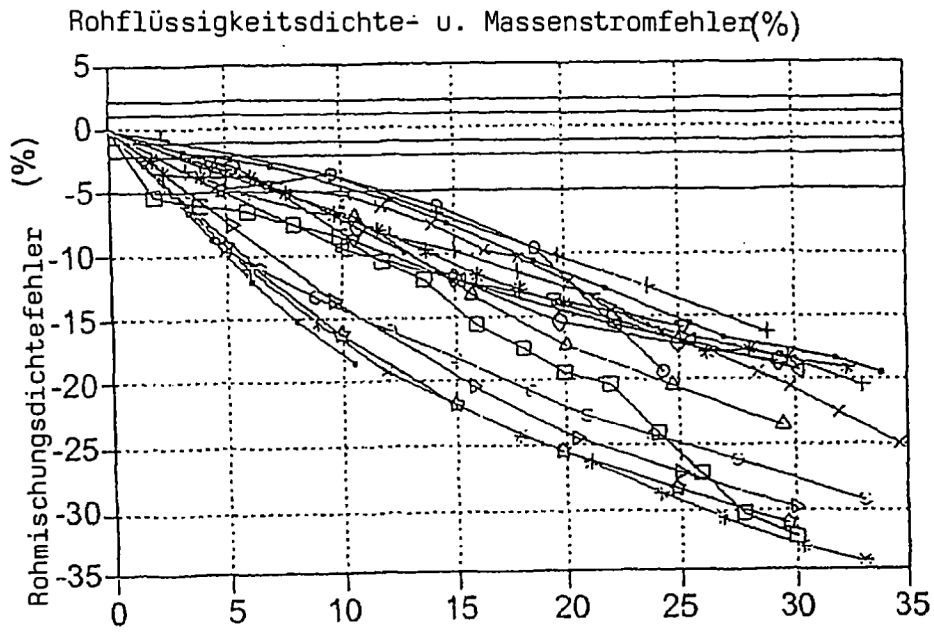


FIG. 55A

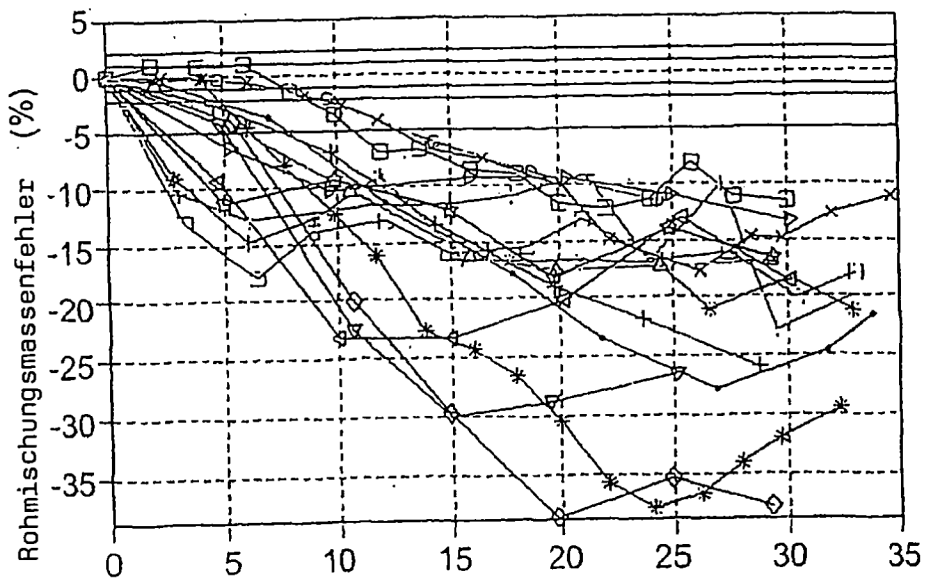


FIG. 55B

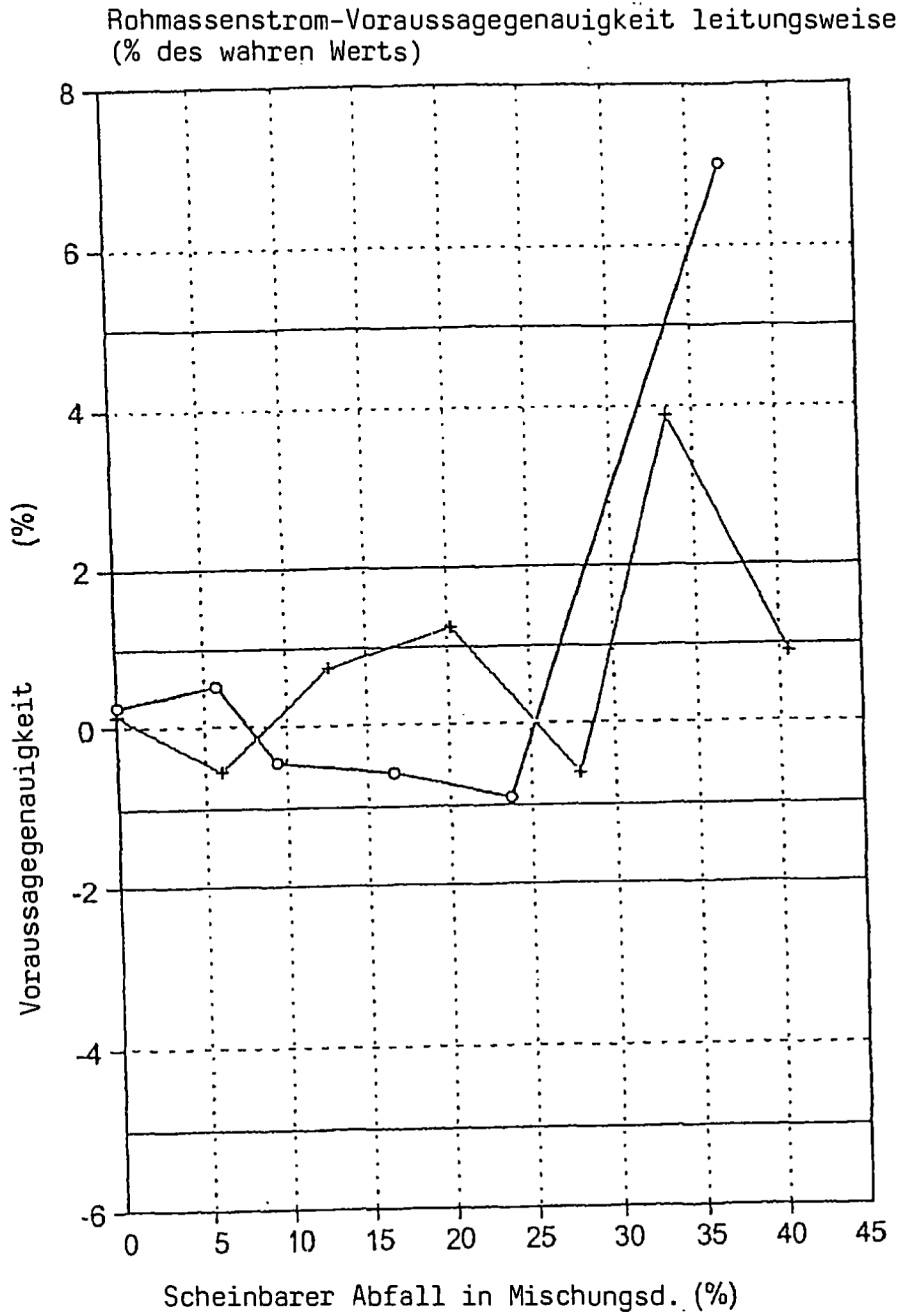


FIG. 56

Flüssigkeitsmassenstrom-Voraussagegenauigkeit leitungsweise
 (% des wahren Werts)

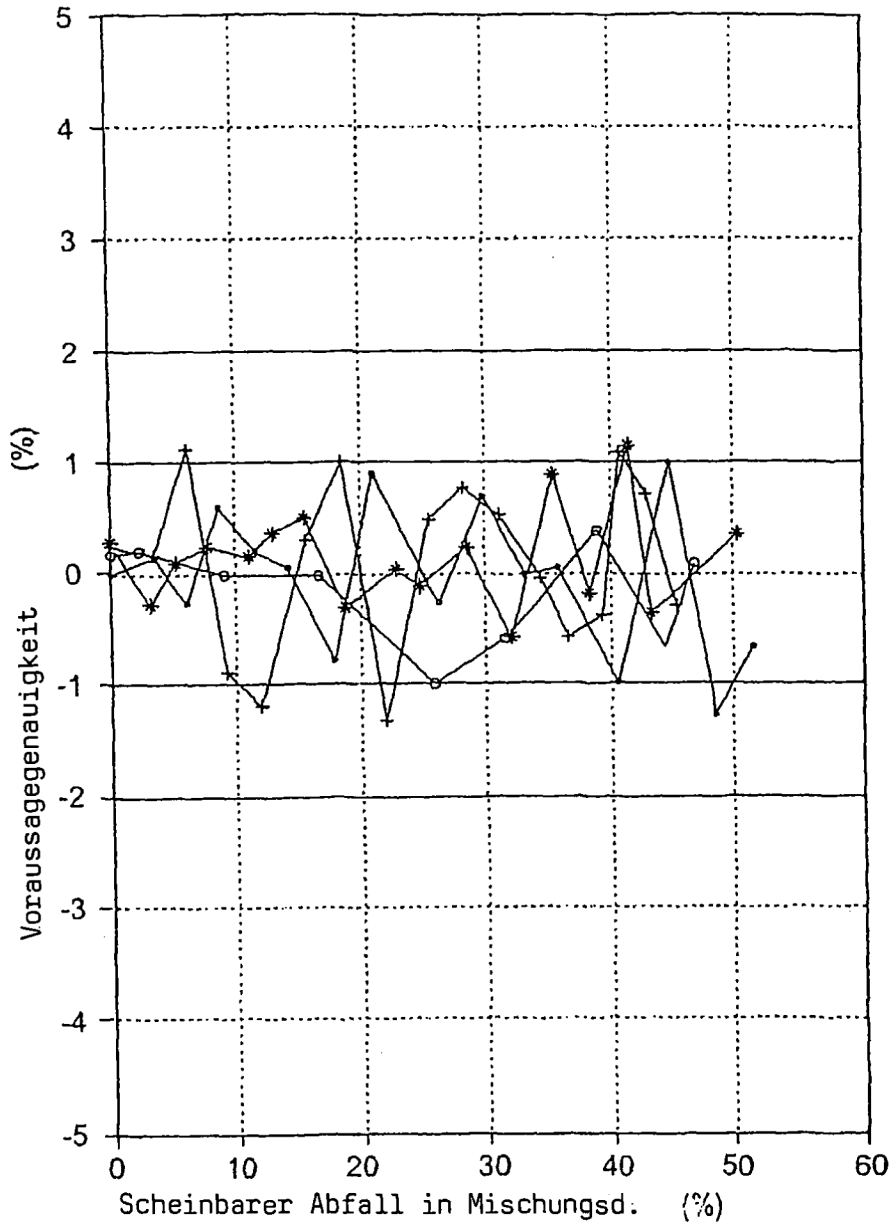


FIG. 57

Flüssigkeitsmassenstrom-Voraussagegenauigkeit leitungsweise
(% des wahren Werts)

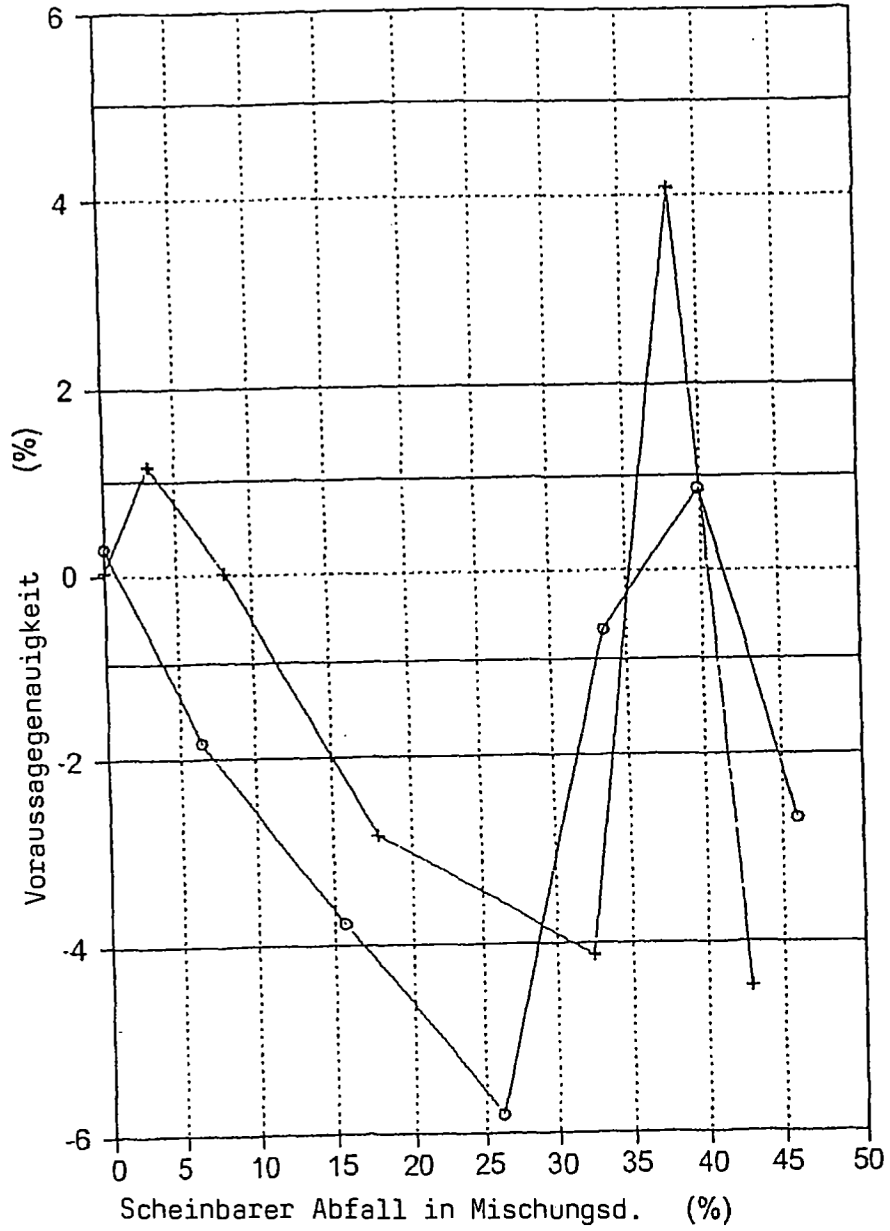


FIG. 58

Flüssigkeitsmassenstrom-Voraussagegenauigkeit leitungsweise
 (% des wahren Werts)

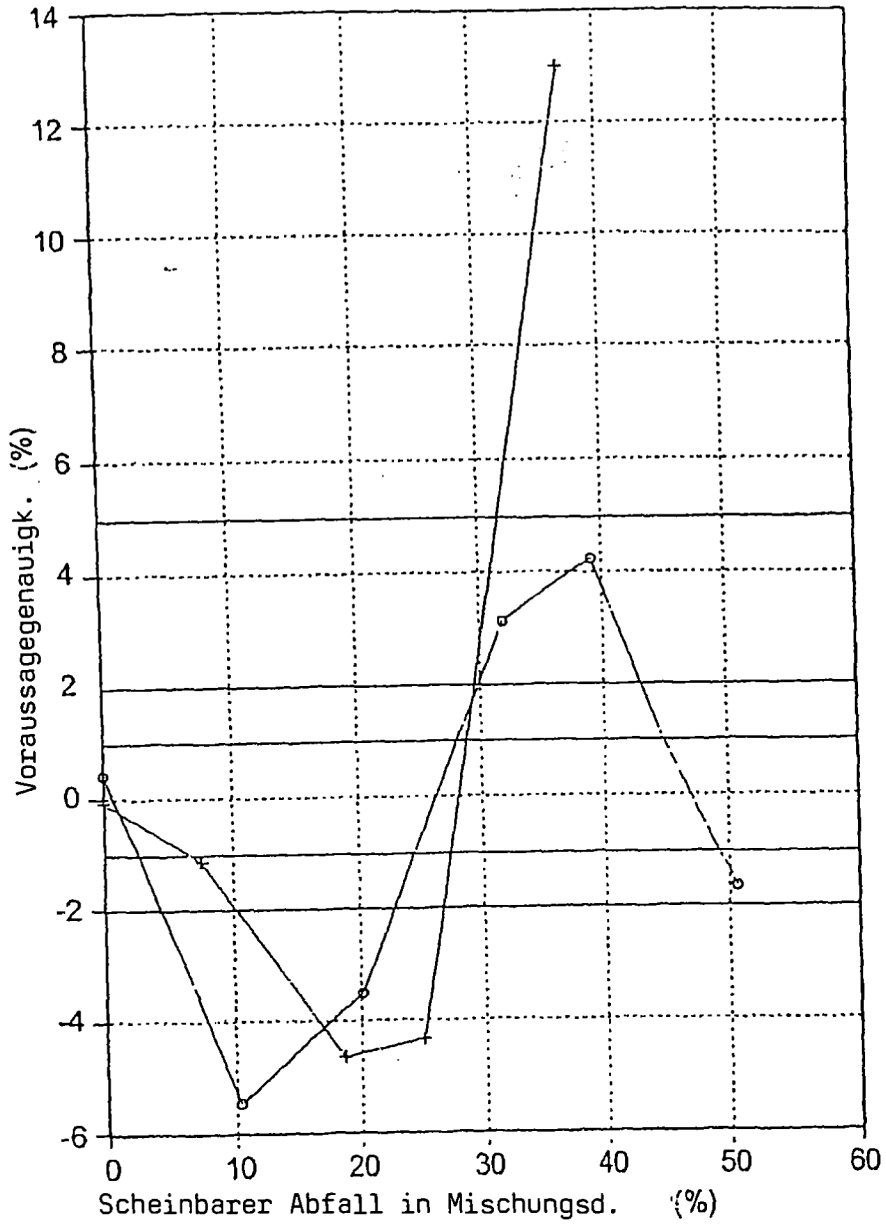


FIG. 59

Flüssigkeitsmassenstrom-Voraussagegenauigkeit leitungsweise
 (% des wahren Werts)

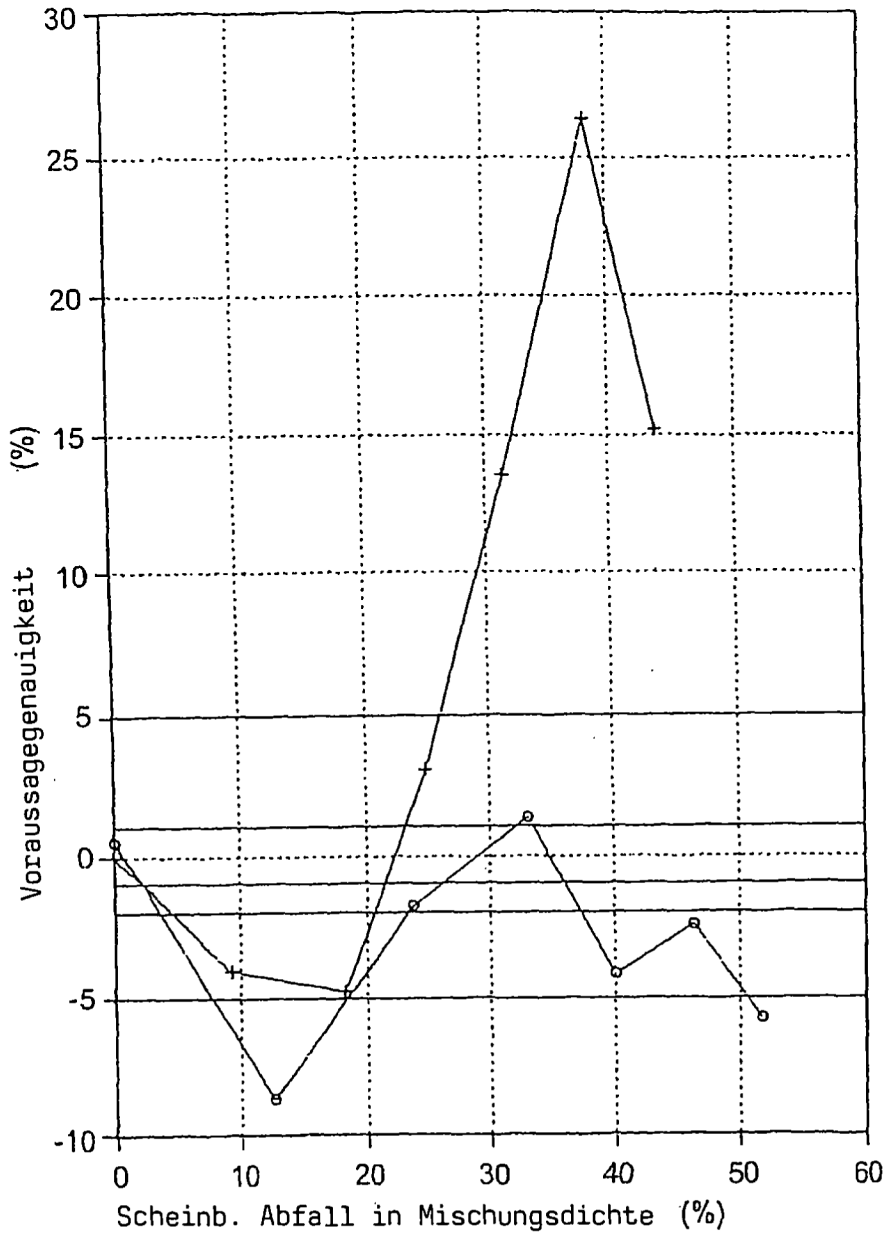


FIG. 60

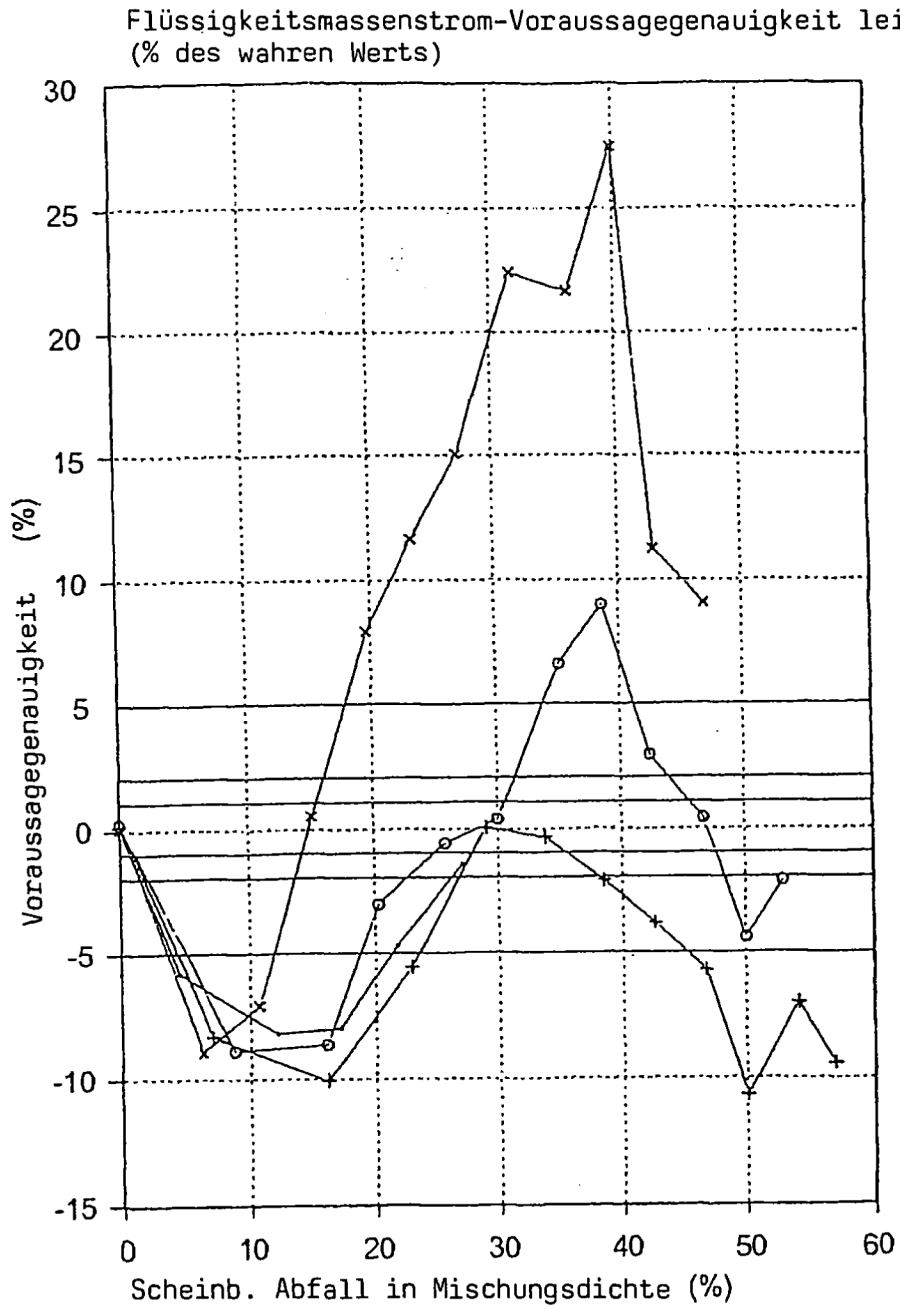


FIG. 61

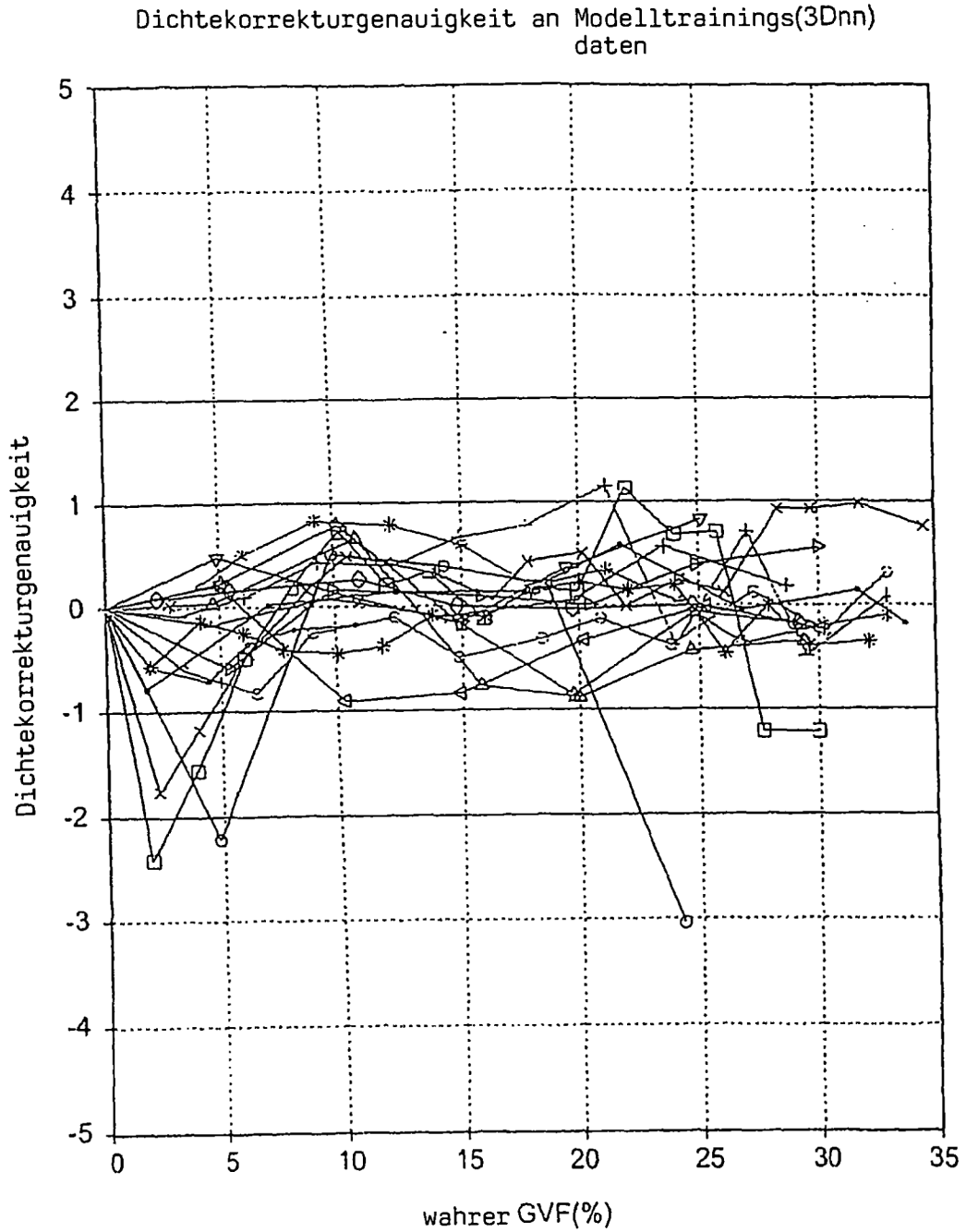


FIG. 62

Massenstromkorrekturgenauigk. an Modelltrainings(3Dnn)
daten

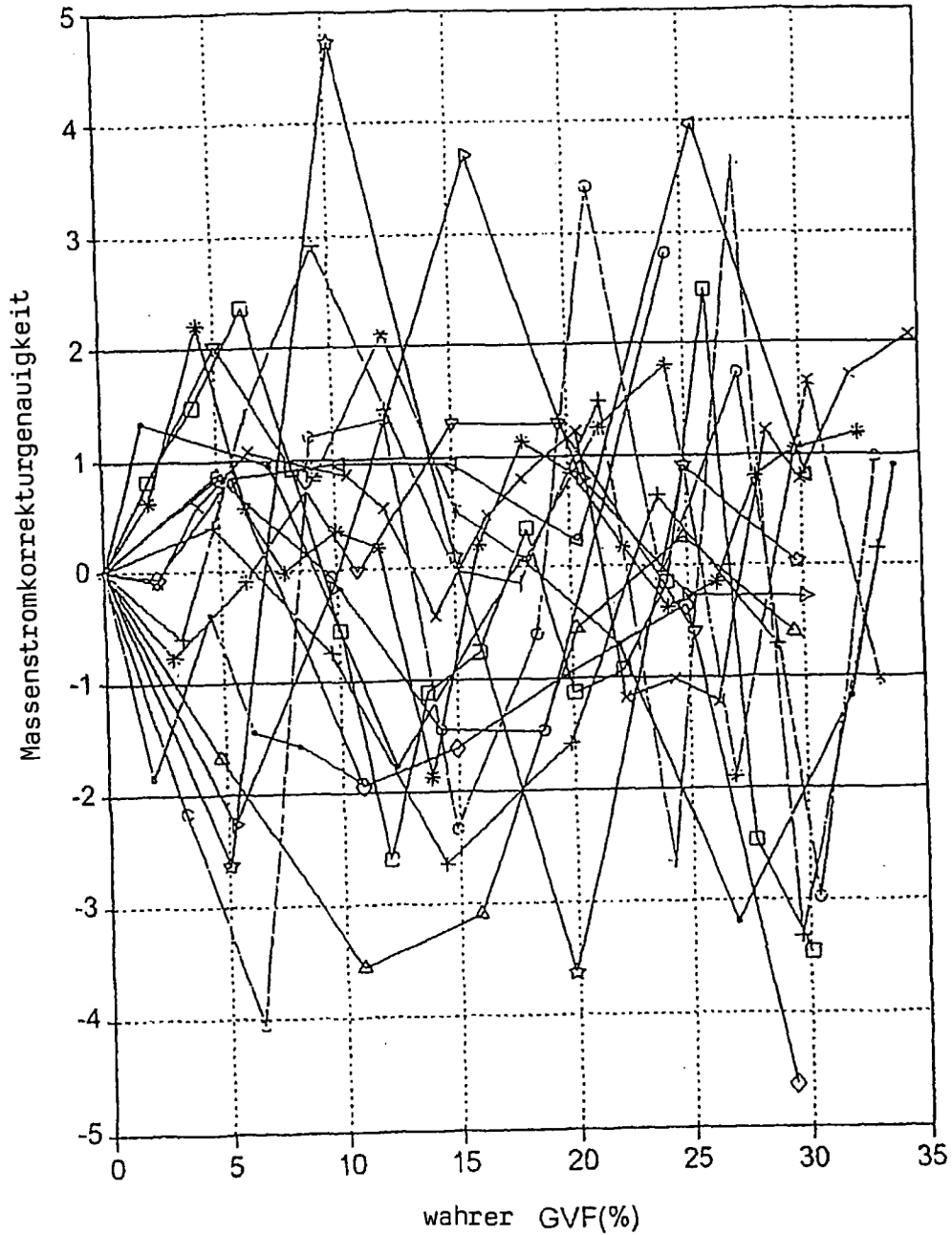


FIG. 63

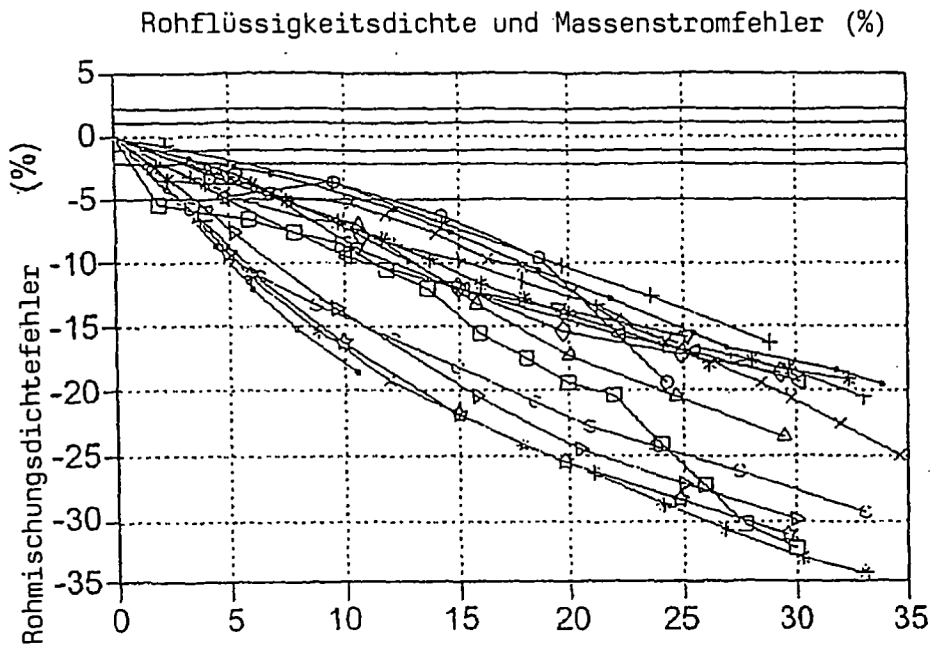


FIG. 64A

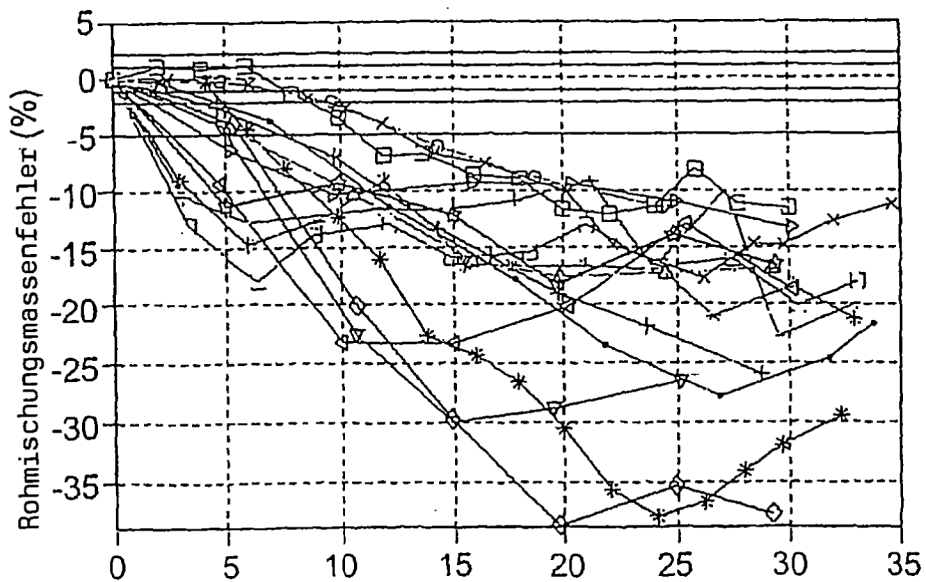


FIG. 64B

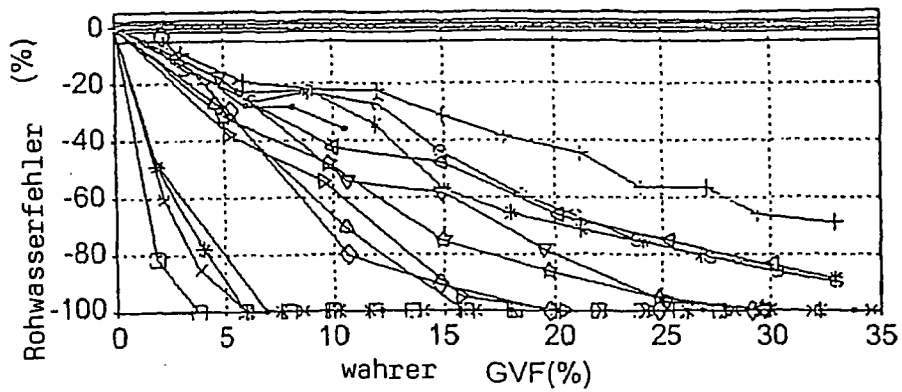


FIG. 65A

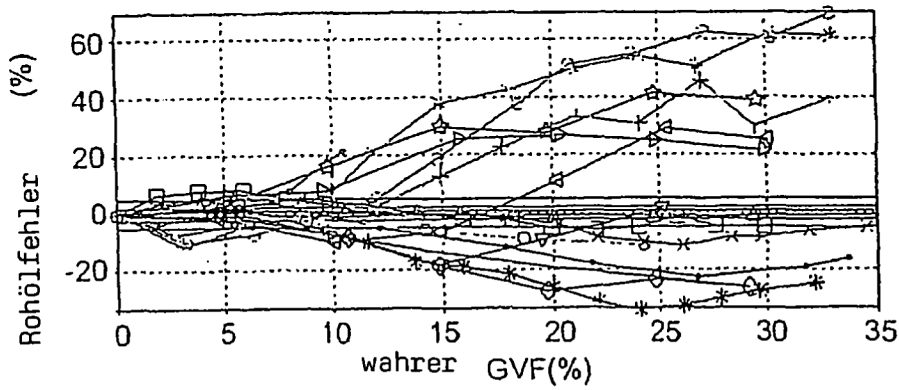


FIG. 65B

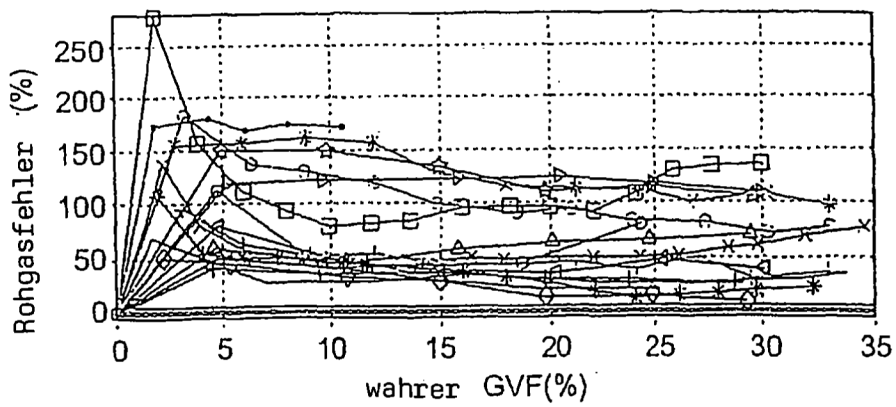


FIG. 65C

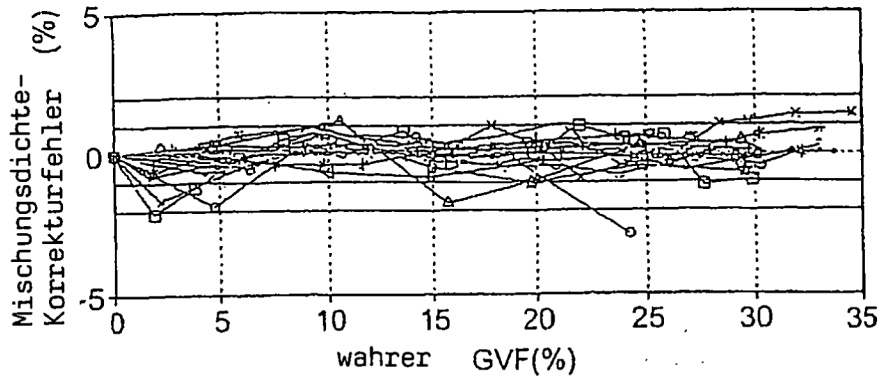


FIG. 66A

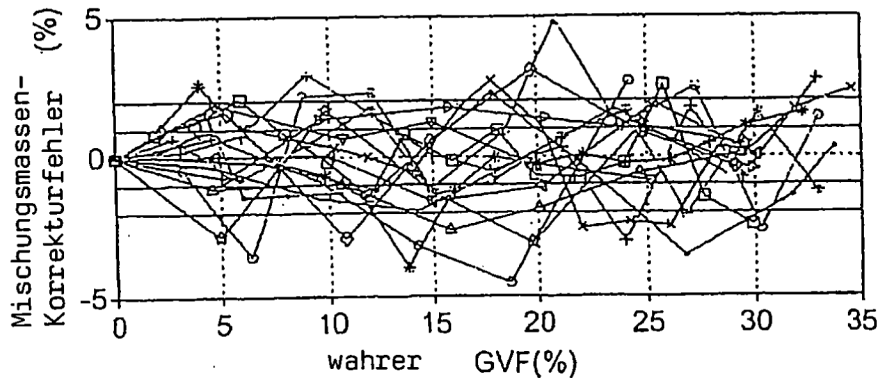


FIG. 66B

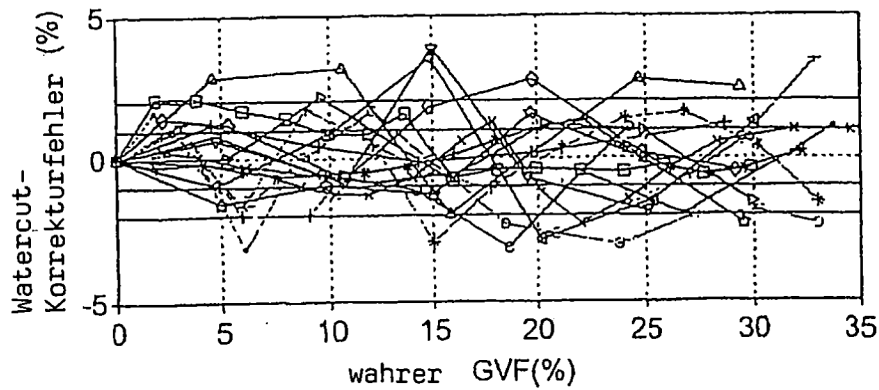


FIG. 66C

Rohwasser-, -öl- und -gasfehl(%)

FIG. 67A

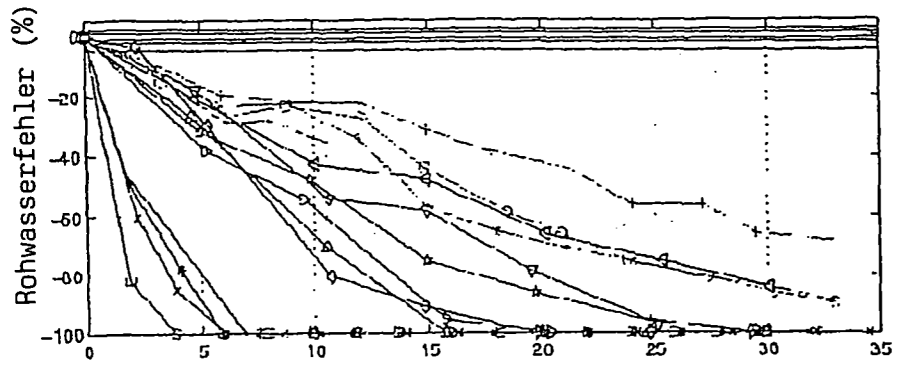


FIG. 67B

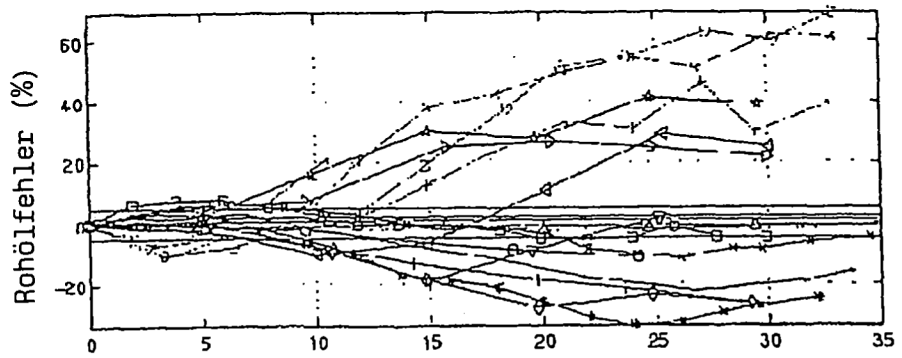
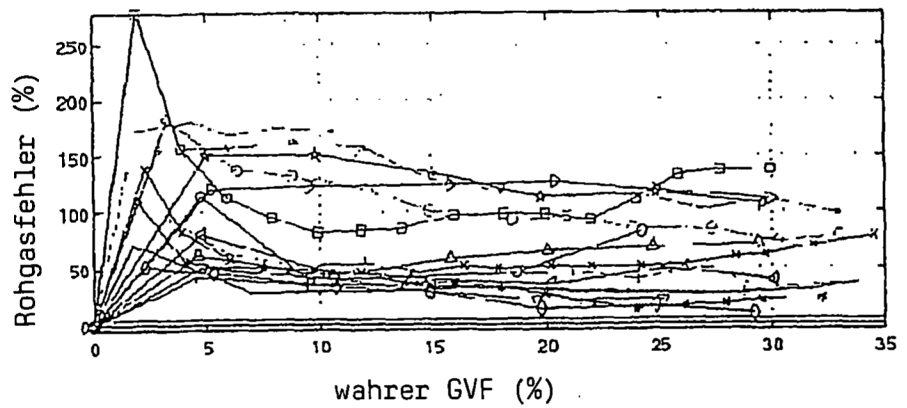


FIG. 67C



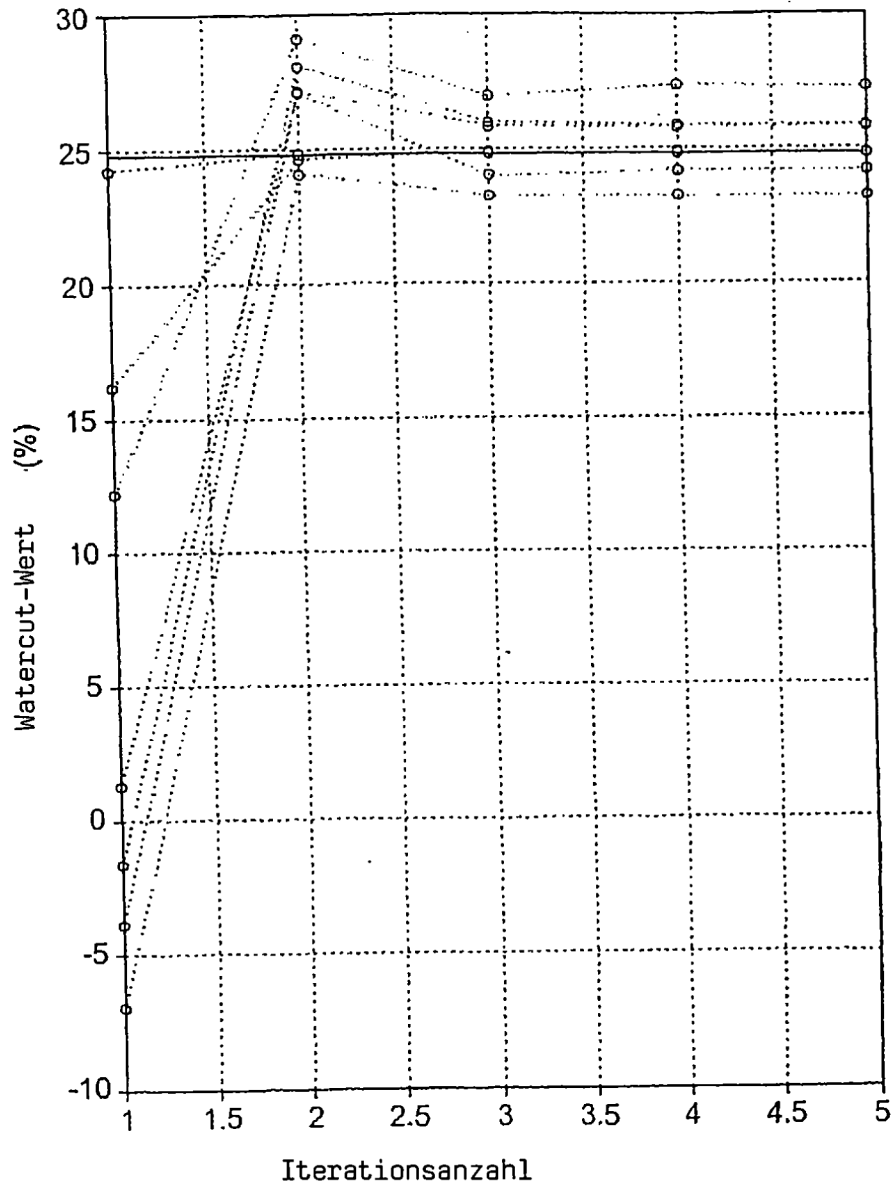


FIG. 68