



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2007 019 017 U1** 2010.04.29

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2007 019 017.4**

(22) Anmeldetag: **14.09.2007**

(67) aus Patentanmeldung: **10 2007 043 839.9**

(47) Eintragungstag: **25.03.2010**

(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **29.04.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G01F 23/28** (2006.01)
G01F 22/00 (2006.01)

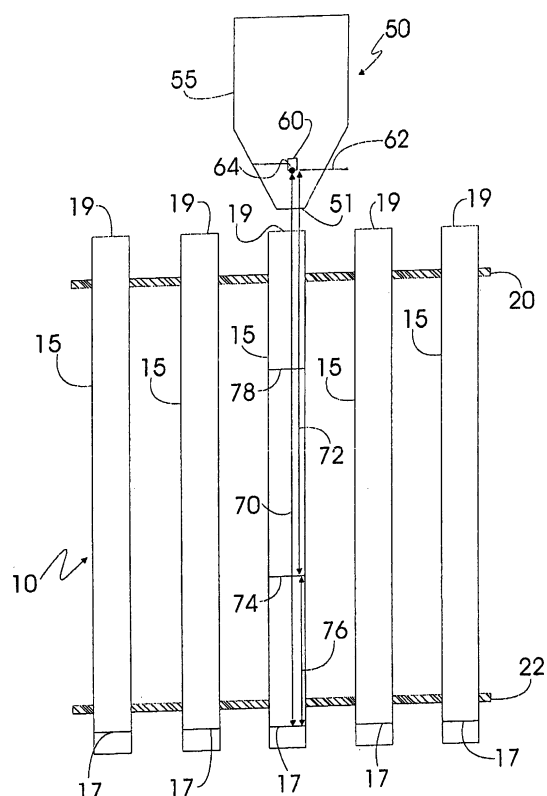
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Süd-Chemie AG, 80333 München, DE

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
Stolmár Scheele & Partner, 80331 München

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Befüllvorrichtung zum Befüllen eines Rohres eines Rohrbündelreaktors mit einem Schüttgut**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zum Befüllen zumindest eines Rohres eines Rohrbündelreaktors mit einem Schüttgut mit einer Lasermesseinrichtung (60), einer Radarmesseinrichtung oder einer Ultraschallmesseinrichtung zur Bestimmung der Schütthöhe (76, 78) eines in einem Rohr (15) eines Rohrbündelreaktors (10) eingefüllten Schüttgutes.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Befüllvorrichtung zum Befüllen zumindest eines Rohrs eines Rohrbündelreaktors mit einem Schüttgut.

[0002] Vorrichtungen zum Befüllen eines Rohrs eines Rohrbündelreaktors mit einem Schüttgut wie beispielsweise Katalysatorformkörper sind im Stand der Technik bekannt.

[0003] In der US 4,402,643 und in der EP 0 904 831 beispielsweise wird die Befüllung von Rohren eines Rohrbündelreaktors mit einem körnigen Material beschrieben, wobei die Befüllung mittels einer in Vibration versetzten Rinne erfolgt.

[0004] Die DE 10 2005 016 078 A1 beschreibt ein Verfahren zum Befüllen von Rohren eines Rohrbündelreaktors mit Feststoffen, bei dem man den Feststoff aus einem Fülltrichter auf eine schiefe Ebene mit Rüttelrinnen austrägt, welche in einer etwa horizontalen Position angeordnet ist und sich von der Austragsöffnung des Trichters bis mindestens zum Anschluss an ein Fallrohr oder eine flexible Schlauchverbindung erstreckt, durch das/die der Feststoff den zu befüllenden Rohren zugeführt wird, wobei das jeweils an ein Fallrohr angeschlossene Auslassrohr in seiner Höhe geeigneter Weise verstellbar ist, wobei durch ein Absaugrohr und eine Absaugvorrichtung, die sich in räumlicher Nähe zu dem Fülltrichter und dem Auslassrohr befinden, Unterdruck angelegt und vorhandener Staub abgesaugt wird und wobei nach dem Befüllen der Rohre die auf Rollen oder Walzen gelagerte Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zum Befüllen weiterer Rohre verschoben wird.

[0005] Die Befüllung der Rohre eines Rohrbündelreaktors bis auf das Niveau einer vorgegebenen Schütthöhe, d. h. die Befüllung mit einer vorgegebenen Masse an Schüttgut, muss so genau wie möglich vorgenommen werden, da von der Schütthöhe die Performance des Rohrbündelreaktors abhängt. Dies gilt insbesondere für Rohrbündelreaktoren, die mit Lagen von voneinander verschiedenen Katalysatoren beschickt werden müssen.

[0006] Die im Stand der Technik bekannten Verfahren zum Befüllen eines Rohrs eines Rohrbündelreaktors mit einem Schüttgut verwenden zur Bestimmung der Schütthöhe entweder Staudruckverfahren (vgl. US 6,725,706 B2; US 6,694,802 B1; US 6,981,422 B1) oder Maßbänder, mit denen die Schütthöhe manuell ausgemessen wird. Die genannten Verfahren sind jedoch verhältnismäßig ungenau und es kommt nicht selten vor, dass Rohre mit dem Schüttgut über den Sollwert hinaus befüllt werden, was eine vollständige Entleerung und Neubefüllung der jeweiligen Rohre notwendig macht.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Befüllvorrichtung zum Befüllen eines Rohrs eines Rohrbündelreaktors mit einem Schüttgut bereitzustellen, mittels welcher die gewünschte Schütthöhe in einem Rohr eines Rohrbündelreaktors zuverlässig und verfahrenstechnisch einfach eingestellt werden kann.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Befüllvorrichtung gelöst, die zum Befüllen zumindest eines Rohres eines Rohrbündelreaktors mit einem Schüttgut eingerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (**50**) eine Lasermesseinrichtung (**60**), eine Radarmesseinrichtung oder eine Ultraschallmesseinrichtung umfasst zur Bestimmung der Schütthöhe (**76**, **78**) eines in einem Rohr (**15**) eines Rohrbündelreaktors (**10**) eingefüllten Schüttgutes.

[0009] Entsprechend einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es vorgesehen, dass die Vorrichtung zumindest einen Befülltrichter umfasst und die Messeinrichtung und/oder ein Sensor der Messeinrichtung zumindest teilweise innerhalb des Befülltrichters angeordnet sind/ist. Dadurch ist es in einfacher Weise möglich, unmittelbar im Bereich der Füllöffnung des Rohrs den Abstand der Oberfläche der Schüttung zu dem Referenzpunkt der Messeinrichtung zu messen. Darüber hinaus ergibt sich aus der Anordnung der Messeinrichtung im Inneren des Befülltrichters der Vorteil, dass die Messeinrichtung weitgehend geschützt ist vor mechanischen Beschädigungen. Es versteht sich, dass die Messeinrichtung im Inneren des Befülltrichters entsprechend eingehaust sein kann, um eine Beschädigung der Messeinrichtung während des Befüllvorgangs auszuschließen. Die Messeinrichtung bzw. der Sensor kann ortsfest im Befülltrichter vorgesehen sein oder auch temporär in den Befülltrichter eingefahren werden.

[0010] Ferner kann es bevorzugt sein, dass die Messeinrichtung und/oder der Sensor der Messeinrichtung im Wesentlichen mittig oder exzentrisch im Befülltrichter angeordnet sind/ist. Durch die exzentrische Anordnung wird der freien Querschnitt der Füllöffnung oder des Befülltrichters nicht eingeengt. Um zu gewährleisten, dass mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung die gewünschte Soll-Schütthöhe mittels einer kontinuierlich durchgeführten Befüllung weitgehend exakt eingestellt werden kann, ist es ferner vorgesehen, dass die Vorrichtung eine Dosiereinrichtung umfasst, die mit der Messeinrichtung über eine Regeleinrichtung gekoppelt ist.

[0011] Im Stand der Technik bekannte Rohrbündelreaktoren umfassen bis zu 100.000 Rohre. Um diese in möglichst kurzer Zeit mit einer handhabbaren Befüllvorrichtung füllen zu können, ist es bevorzugt, dass die Vorrichtung eingerichtet ist 10 bis 50 Rohre

gleichzeitig befüllen zu können.

[0012] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung der Schütthöhe eines in einem Rohr eines Rohrbündelreaktors befindlichen Schüttguts.

[0013] Die erfindungsgemäße Befüllvorrichtung hat den Vorteil, dass durch deren Verwendung bei der Befüllung eines Rohrs eines Rohrbündelreaktors, in diesem die gewünschte Schütthöhe zuverlässig und auf verfahrenstechnisch einfache Weise eingestellt werden kann.

[0014] Darüber hinaus erlaubt die Verwendung der erfindungsgemäßen Befüllvorrichtung eine verhältnismäßig schnelle Befüllung eines Rohrs mit einem Schüttgut bis zur gewünschten Schütthöhe. Diese Reduzierung der Befüllzeiten spart Zeit und damit Kosten ein.

[0015] Unter dem Begriff „Schüttgut“ sollen im Rahmen der vorliegenden Erfindung schüttfähige Feststoffe verstanden werden, vorzugsweise geträgerte oder nicht-geträgerte Katalysatoren unterschiedlichster Zusammensetzung in Form von Füllkörpern unterschiedlichster Geometrien wie zum Beispiel Kugeln, Vollzylindern, Hohlzylindern, Ringe, Triloben, Tetraloben, Tabletten, Pellets, Sterne, Wagenräder etc. in handelsüblichen Abmessungen.

[0016] Es ist bevorzugt, dass das Rohr des Rohrbündelreaktors über eine Füllöffnung mit dem Schüttgut befüllt wird. Als Füllöffnung kann dabei vorzugsweise eines der offenen Enden des Rohrs eingesetzt werden. Sind die Rohre im Reaktor vertikal unlösbar fixiert, so wird vorzugsweise das obere offene Ende des Rohrs als Füllöffnung eingesetzt.

[0017] Rohrbündelreaktoren werden in der Regel präzise gefertigt, so dass die Länge des mit Schüttgut befüllbaren Abschnitts eines jeden Rohres eines Reaktors nahe zu gleich ist. Ist diese Länge bekannt, so kann – unter Verwendung der erfindungsgemäßen Befüllvorrichtung – die Schütthöhe mittels der Messung des Abstands der Oberfläche der im Rohr befindlichen Schüttung zu einem Referenzpunkt ermittelt werden. Liegt der Referenzpunkt beispielsweise in der Ebene des Endes des befüllbaren Abschnitts des Rohrs, so kann die Schütthöhe durch Subtraktion des gemessenen Abstands zwischen Schüttoberfläche und Referenzpunkt von der bekannten Länge des befüllbaren Abschnitts errechnet werden. Entsprechend ist es bevorzugt, dass die Schütthöhe – unter Verwendung der erfindungsgemäßen Befüllvorrichtung – mittels der Messung des Abstands der Oberfläche der im Rohr befindlichen Schüttung zu einem Referenzpunkt ermittelt wird.

[0018] Entsprechend einer weiter bevorzugten Aus-

führungsform wird unter Verwendung der erfindungsgemäßen Befüllvorrichtung vor der Befüllung des Rohrs mit dem Schüttgut der Abstand des Referenzpunktes zum Boden des Rohrs oder zur Oberfläche eines im Rohr bereits befindlichen Materials gemessen. Dadurch wird auf verfahrenstechnisch einfache Weise gewährleistet, dass auch Rohre eines Reaktors mit unterschiedlicher Länge des mit Schüttgut befüllbaren Abschnitts mit gleicher Schütthöhe an Schüttgut befüllt werden können. Dazu kann beispielsweise zunächst mittels einer Lasermesseinrichtung der Abstand zwischen dem Boden eines Rohrs, auf welchem das Schüttgut aufliegen soll, und dem Referenzpunkt bestimmt werden. Nach der Bestimmung dieses ersten Abstandes wird dann mit der Befüllung des Rohrs mit dem Schüttgut begonnen. Nachdem eine gewisse Menge an Schüttgut in das Rohr eingefüllt worden ist, kann die Befüllung unterbrochen und dann ein zweiter Abstand zwischen dem Referenzpunkt und der Oberfläche der im Rohr nun befindlichen Schüttung gemessen werden, wobei die Schütthöhe durch Subtraktion des zweiten Abstandes von dem ersten Abstand ermittelt wird.

[0019] Unter Verwendung der erfindungsgemäßen Befüllvorrichtung kann bei der Befüllung des Rohrs die Schütthöhe wiederholt ermittelt werden. Werden mehrere Befüllvorgänge durchgeführt und nach jedem Befüllvorgang die Schütthöhe ermittelt, so kann aus den ermittelten Schütthöhen die Dosiergeschwindigkeit errechnet werden.

[0020] Weiter kann die Schütthöhe während des Befüllvorgangs des Rohrs ermittelt werden. Wenn gleich es grundsätzlich möglich ist, die Schütthöhe erst nach (vorläufiger) Beendigung des Befüllvorgangs des Rohrs zu ermitteln, ist es von Vorteil, die Schütthöhe während der Befüllung des Rohrs kontinuierlich zu ermitteln, jedenfalls dann, wenn das betreffende Rohr bereits bis nahe an die Soll-Schütthöhe befüllt ist. Dadurch ist es möglich, ohne Zeitverzögerung unmittelbar auf Störungen des Befüllvorgangs reagieren zu können, ohne befürchten zu müssen, dass die Soll-Schütthöhe überschritten wird.

[0021] Weiter kann zur Ermittlung der Schütthöhe – unter Verwendung der erfindungsgemäßen Befüllvorrichtung – das Befüllen unterbrochen werden. Diese Maßnahme kann beispielsweise angezeigt sein, wenn die Messung des Abstandes vom Referenzpunkt zur Schüttoberfläche zu stark schwankenden Werten führt, die darin begründet liegen, dass der Laser kurzzeitig auf gerade herabfallendes Schüttgut auftrifft.

[0022] Mittels der erfindungsgemäßen Befüllvorrichtung kann zudem in Abhängigkeit von der ermittelten Schütthöhe die Befüllung des Rohrs geregelt, überwacht oder kontrolliert werden, so dass bei Erreichen einer gewünschten Soll-Schütthöhe das Befül-

len beendet werden kann. Die Verwendung der erfindungsgemäßen Befüllvorrichtung ermöglicht so die nahezu exakte Einstellung der Soll-Schütthöhe bei kontinuierlicher Befüllung des Rohres.

[0023] Die Zeichnung dient im Zusammenhang mit der nachstehenden Beschreibung der Erläuterung der Erfindung: Es zeigt:

[0024] **Fig. 1:** Ausschnittsweise Längsschnittansicht eines schematisch dargestellten Rohrbündelreaktors, der entsprechend einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens mittels einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Befüllvorrichtung mit einem Schüttgut befüllt wird.

[0025] In der **Fig. 1** ist ein insgesamt mit dem Bezugszeichen **10** belegter Rohrbündelreaktor sowie eine insgesamt mit dem Bezugszeichen **50** belegte Befüllvorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Der Rohrbündelreaktor **10** umfasst 5 vertikal ausgerichtete Rohre **15**, die parallel zueinander ausgerichtet sind, wobei zu einem Rohr **15** benachbarte Rohre gleich zu diesem Rohr **15** beabstandet sind.

[0026] Die Rohre **15** sind in die Öffnungen einer oberen Lochplatte **20** und einer unteren Lochplatte **22** eingesteckt und zur Fixierung mit den Lochplatten **20**, **22** fest verschleißt.

[0027] Die Rohre **15**, die mittels eines zwischen den Lochplatten **20**, **22** zirkulierenden Kühlmediums gekühlt werden können, weisen im Bereich ihres unteren Endes einen Boden **17** in Form eines Drahtgewebes auf, das für Reaktionsmedien durchlässig ist.

[0028] Die Öffnungen **19** an den oberen Enden der Rohre **15** dienen als Füllöffnungen zum Befüllen der Rohre **15** mit einem Schüttgut wie beispielsweise Katalysatorpellets.

[0029] Die Befüllvorrichtung **50** umfasst einen Befülltrichter **55**, in dessen Inneren eine Lasermesseinrichtung **60** angeordnet ist, der in der Höhe einer Referenzebene **62** ein Referenzpunkt **64** zugeordnet ist.

[0030] Der Auslass **51** des Befülltrichters **55** ist oberhalb der Füllöffnung **19** des mittleren Rohres **15** positioniert.

[0031] Zum Befüllen des mittleren Rohres **15** mit beispielsweise einem geträgerten Katalysator als Schüttgut in Form von Kugeln wird zunächst mittels der Lasermesseinrichtung **60** der Abstand **70** zwischen dem Boden **17** und dem Referenzpunkt **64** bestimmt.

[0032] Nach der Bestimmung des Abstandes **70**

zwischen Boden **17** und Referenzpunkt **64** wird mit der Befüllung des Rohrs **15** mit dem Schüttgut begonnen. Während des Befüllens wird in kurzen Zeitintervallen der Abstand **72** zwischen dem Referenzpunkt **64** und der nach oben wanderenden Oberfläche **74** der im Rohr **15** anwachsenden Schüttung gemessen, wobei die aktuelle Schütthöhe **76** durch Subtraktion des momentanen Abstands **72** zwischen dem Referenzpunkt **64** und der Oberfläche **74** der im Rohr befindlichen Schüttung von dem Abstand **70** zwischen dem Boden **17** und dem Referenzpunkt **64** ermittelt wird. In Abhängigkeit von der jeweiligen momentanen Ist-Schütthöhe **76** wird die Befüllung mit dem Schüttgut mittels einer in der Zeichnung nicht dargestellten aber an sich bekannten Dosiereinrichtung geregelt, vorzugsweise in Echtzeit, und das Befüllen bei Erreichen der Sollschtthöhe **78** beendet. Dabei wird in der Regel kurz vor Erreichen der Soll-Schütthöhe **78** die Dosiergeschwindigkeit verlangsamt, um die Soll-Schütthöhe **78** weitgehend genau einstellen zu können.

[0033] Unter Verwendung der erfindungsgemäßen Befüllvorrichtung kann auch eine zonenweise Befüllung von Schüttgütern mit genau definierten Volumina erreicht werden, so dass entlang des axialen Profils des Rohrs **15** voneinander verschiedene Schüttgüter mit gewünschter Soll-Schütthöhe **78** vorliegen. Bei Anwendung auf eine Vielzahl von Rohren **15** kann eine weitgehend einheitliche Schütthöhe **78** in jedem Rohr **15** erreicht werden.

[0034] Unter Verwendung der erfindungsgemäßen Befüllvorrichtung **50** können bis zu 50 Rohre **15** gleichzeitig befüllt werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 4402643 [\[0003\]](#)
- EP 0904831 [\[0003\]](#)
- DE 102005016078 A1 [\[0004\]](#)
- US 6725706 B2 [\[0006\]](#)
- US 6694802 B1 [\[0006\]](#)
- US 6981422 B1 [\[0006\]](#)

Schutzansprüche

1. Vorrichtung zum Befüllen zumindest eines Rohres eines Rohrbündelreaktors mit einem Schüttgut mit einer Lasermesseinrichtung (60), einer Radarmesseinrichtung oder einer Ultraschallmesseinrichtung zur Bestimmung der Schütthöhe (76, 78) eines in einem Rohr (15) eines Rohrbündelreaktors (10) eingefüllten Schüttgutes.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (50) zumindest einen Befülltrichter (50) umfasst und die Messeinrichtung (60) und/oder ein Sensor der Messeinrichtung zumindest teilweise innerhalb des Befülltrichters (50) angeordnet sind/ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (60) und/oder der Sensor der Messeinrichtung im Wesentlichen mittig oder exzentrisch im Befülltrichter (55) angeordnet sind/ist.

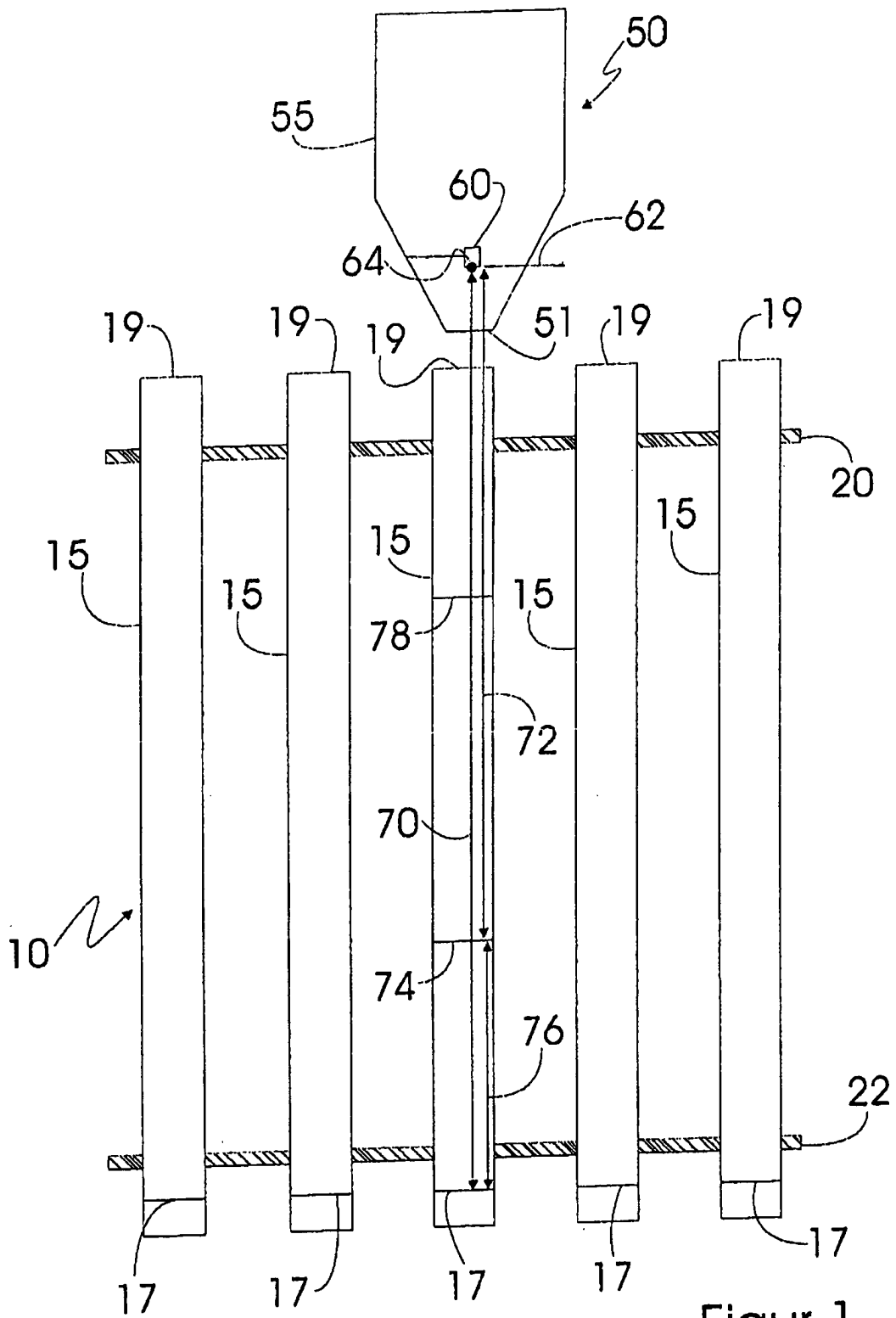
4. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (50) eine Dosiereinrichtung umfasst, die mit der Messeinrichtung (60) über eine Regeleinrichtung gekoppelt ist.

5. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (50) eingerichtet ist zumindest 10 Rohre (15) gleichzeitig zu befüllen.

6. Verwendung einer Vorrichtung (50) nach einem der voranstehenden Ansprüche zur Bestimmung der Schütthöhe (76, 78) eines in einem Rohr (15) eines Rohrbündelreaktors (10) befindlichen Schüttguts.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1