

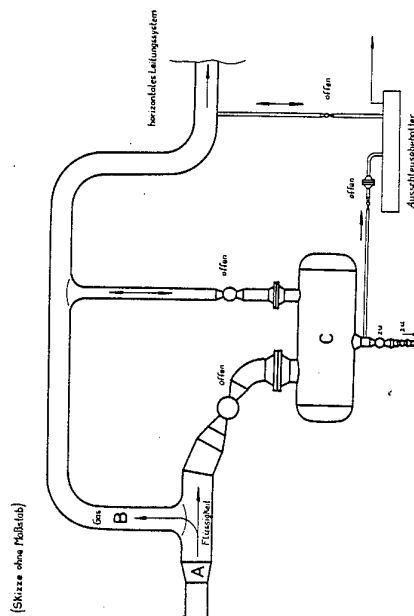
(44) 29.06.88

(72) Blödow, Harry, Dipl.-Ing., DD

(55) Abscheidung, Vorrichtung, Gasströmungen, Flüssigkeitsphase, Gasphase, Schwallflüssigkeit, Zwischenbunkerung, Puffergefäß, Erdgasförderung, Naßgastransport

(57) Die Erfindung bezieht sich auf Gebiete der Technik, in denen die Notwendigkeit der Entfernung schwallartiger Flüssigkeitsvolumina aus Gasströmungen besteht. Das Ziel der Erfindung besteht in der sicheren Abscheidung schwallartiger Flüssigkeitsvolumina aus Gasströmungen. Die Aufgabe, die durch Anwendung der Erfindung gelöst wird, besteht in der Vermeidung von Betriebsmittelverlusten in volkswirtschaftlich bedeutenden Größenordnungen und daraus resultierenden technologischen Störungen sowie in der Senkung des Investitionsbedarfes. Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß zur Abscheidung der Flüssigkeitsphase von der Gasphase die unterschiedlichen statischen und dynamischen Eigenschaften der beiden Phasen ausgenutzt werden und eine Zwischenbunkerung der abgeschiedenen Flüssigkeit in einem Puffergefäß erfolgt. Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung bestehen dort, wo die Notwendigkeit der schnellen und zuverlässigen Entfernung schwallartiger Flüssigkeitsvolumina aus Gasströmungen besteht, insbesondere in Erdgasförderbetrieben, in denen ein Naßgastransport praktiziert wird. Figur

Vorrichtung zur Abscheidung schwartiger Flüssigkeitsvolumina aus Gasströmungen



Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur Abscheidung schwallartiger Flüssigkeitsvolumina aus Gasströmungen, **gekennzeichnet dadurch**, daß in dem als T-Stück ausgebildeten Bereich Einlaufteil-Abgang die Trennung der Flüssigkeitsphase von der Gasphase unter Ausnutzung der Dichtedifferenz bzw. der Differenz der kinetischen Energiebeträge und damit der unterschiedlichen statischen und dynamischen Eigenschaften beider Phasen erfolgt.
2. Vorrichtung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß eine Zwischenbunkerung der abgeschiedenen Flüssigkeit in einem Pufferbehälter erfolgt, so daß zur Ausschleusung herkömmliche Einrichtungen benutzt werden können, die dadurch gekennzeichnet sind, daß der ausschleusbare Volumenstrom wesentlich geringer als der Schwallvolumenstrom ist.
3. Vorrichtung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Pufferbehälter zur Unterstützung des Flüssigkeitseintrages tieferliegend als der Einlaufteil ausgeführt wird.
4. Vorrichtung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß in Abhängigkeit von einer minimalen Tröpfchengröße die Abscheidbarkeit aerosolförmiger Flüssigkeitsanteile aus Gasströmen gewährleistet wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf alle Gebiete der Technik, in denen die Notwendigkeit der Entfernung schwallartiger Flüssigkeitsvolumina aus Rohrleitungen für den Transport gasförmiger Medien besteht.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannt ist die Anwendung sogenannter Flüssigkeitsfallen.

Hierbei handelt es sich um horizontal angeordnete Querschnittserweiterungen im Rohrleitungssystem, die über jeweils zwei Fallrohre mit einem Ausschleusegefäß verbunden sind. Die Ausschleusegefäße sind mit automatisch wirkenden Ausschleuseeinrichtungen ausgerüstet und durch sekundäre Rohrleitungen mit Lagerbehältern verbunden. Die Abscheidewirkung beruht auf der durch die Querschnittserweiterung bedingten Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit, wobei gemäß dem Trägheitsgesetz die Flüssigkeitsphase einer geringeren Abbremsung unterliegt als die Gasphase. Hierdurch wird die teilweise Sedimentation der als Aerosolspektrum im Gas mitgeführten Flüssigkeit sowie in gewissem Umfang die Ansammlung von Flüssigkeitsmengen, die in Form von Film- oder Bodenströmungen eingetragen werden, im Sohlenbereich der Flüssigkeitsfalle hervorgerufen.

Die abgeschiedene Flüssigkeit gelangt durch die Fallrohre in den Ausschleusebehälter und wird über eine füllstandsabhängig arbeitende Ausschleusevorrichtung in die Lagerbehälter ausgeschleust.

Die derzeit (z. B. in Betrieben der Erdgasförderung) installierten Flüssigkeitsfallen weisen bezüglich der Abscheidung schwallartiger Flüssigkeitsvolumina folgende Mängel auf:

- Ungenügende Abbremsung schwallartiger Flüssigkeitsvolumina (wesentlich größere kinetische Energie der Flüssigkeits- im Vergleich zur Gasphase), so daß diese die Flüssigkeitsfalle passieren können.
- Unterdimensionierte Fallrohre ($d_i = 100 \text{ mm}$) und dadurch Begrenzung der Durchlaßmenge auf ca. 12 l/s für ein Fallrohr.
- Rechter Winkel zwischen der Strömungsrichtung in der Flüssigkeitsfalle und den Achsen der Fallrohre.
- Geringes Energiepotential für den Austrag der Flüssigkeit aus der Falle.
Da die Flüssigkeitsfalle über eine Gaspendelleitung mit dem ca. 1 m tiefer liegenden Anschleusebehälter verbunden und damit der Ausgleich der statischen Drücke gewährleistet ist, steht als Energiepotential für den Austrag der Flüssigkeit in der Ausschleusebehälter nur deren potentielle Energie zur Verfügung.
- Zu geringes Speichervolumen des Ausschleusebehälters.
- Begrenzung des Ausschleusevolumenstromes in Abhängigkeit vom Systemdruck und dem Gesamtströmungswiderstand des Ausschleusesystems bis zu den Sammelbehältern auf Werte zwischen 5 l/s und 10 l/s.

Das bedeutet, daß die je Zeiteinheit ausschleusbare Flüssigkeitsmenge wesentlich geringer als der mögliche Schwallvolumenstrom (bis zu ca. 1000 l/s) ist.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Auslegung der beschriebenen Flüssigkeitsfallen für den zeitlichen Mittelwert des Flüssigkeitseintrages erfolgte. Die real auftretende Problematik schwallartiger Flüssigkeitseinträge wurde nicht berücksichtigt. Im Zusammenwirken der genannten Mängel kommt es bei schwallartigen Flüssigkeitseinträgen zum Überfahren der Flüssigkeitsfalle und zum unerwünschten Eintrag beträchtlicher Flüssigkeitsmengen in die nachgeschalteten Systeme. Weitere technische Lösungen sind nicht bekannt, da der Transport größerer Flüssigkeitsmengen (Schwallströmungen) mit Gasströmungen im allgemeinen nicht praktiziert wird.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, daß im Gegensatz zur bekannten technischen Lösung schwallartige Flüssigkeitsvolumina aus Gasströmungen sicher abgeschieden und dadurch Betriebsmittel und Ausrüstungen vor Schäden geschützt werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die technische Aufgabe, die durch die Erfindung gelöst wird, besteht in der zuverlässigen Abscheidung sporadisch anfallender schwallartiger Flüssigkeitsvolumina aus Gasströmungen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch den Einsatz der nachfolgend beschriebenen Abscheidevorrichtung gelöst.

Bei der Erfindung handelt es sich um eine Vorrichtung, die es ermöglicht, kurzzeitig anfallende große Flüssigkeitsmengen sicher aus Gasströmungen abzuscheiden, in einem geeigneten Puffergefäß zu bunkern und nachdem sich normale Betriebsverhältnisse eingestellt haben, über einen längeren Zeitraum unter Nutzung herkömmlicher Technik auszuschleusen. Die Vorrichtung (vgl. Zeichnung) besteht aus den Hauptteilen Einlaufteil A, Abgangsrohrstutzen für die schwallflüssigkeitsfreie Gasströmung B, im folgenden Abgang genannt, und dem Pufferbehälter C mit Ausschleusevorrichtung.

Die Ausschleusevorrichtung ist nicht Bestandteil der Erfindung.

Der Einlaufteil besteht aus einem Rohrleitungsabschnitt, der sich axial an das mit der Gas-Flüssigkeitsströmung beaufschlagte Leitungssystem anschließt. Die Anbindung kann an horizontal, vertikal oder geneigt ausgeführte Leitungssysteme erfolgen. Bei Anbindung an ein horizontal orientiertes System (häufigster Fall) ist der Einlaufteil nach unten abgewinkelt auszuführen, um den Eintrag der abgeschiedenen Flüssigkeit in den tieferliegenden Pufferbehälter zu erleichtern und einen Rücklauf auszuschließen.

Der Abgang ist so zu gestalten, daß die Flußrichtung im Abgang keine der Flußrichtung im Einlaufteil gleichgerichtete sowie keine abwärts gerichtete Komponente besitzt.

Für den Fall der Anbindung der Vorrichtung an ein horizontal orientiertes Leitungssystem besitzt aus Fertigungsgründen ein senkrecht nach oben ausgebildeter Abgang besondere Bedeutung.

Der Pufferbehälter ist mit einer Gaspendelleitung auszurüsten, um im Falle des Flüssigkeitseintrages das Abströmen des entsprechenden Gasvolumens zu ermöglichen. Die Gaspendelleitung muß mindestens soweit nach oben aus dem Pufferbehälter herausgeführt werden, daß ein Flüssigkeitsaustrag als Folge des im Pufferbehälter auftretenden Staudruckes sicher vermieden wird.

Das Fassungsvermögen des Pufferbehälters ist den jeweils auftretenden Schwallvolumina anzupassen.

Bei der Dimensionierung der Abscheidevorrichtung sind die jeweils vorliegenden Strömungsparameter zu berücksichtigen.

Zur Erklärung der Abscheidewirkung im Bereich Einlaufteil-Abgang wird von der Modellvorstellung differentiell kleiner Volumenelemente ausgegangen. Die auf diese Fluidelemente einwirkenden Kräfte verursachen Änderungen der vertikalen und horizontalen Geschwindigkeitskomponenten.

Durch Überlagerung mit der Anfangsgeschwindigkeit wird die Bahnlinie der Fluidelemente bestimmt.

In Abhängigkeit vom zur Verfügung stehenden Druckgefälle zwischen den Systemgrenzen stellt sich ein bestimmter Gesamtvolumenstrom ein, dessen Verteilung auf die beiden Teilstränge von den jeweiligen Strömungswiderständen abhängt. Nachdem sich stationäre Strömungsverhältnisse eingestellt haben, liegt im Bereich Einlaufteil-Abgang ein Druckkraftfeld vor, dessen Einzelkräfte das Produkt der auf das jeweilige Fluidelement wirkenden Druckdifferenz mit der dazu senkrechten Grenzfläche darstellen.

Die Druckkräfte werden zweckmäßigerweise in eine horizontale Komponente F_{ph} und eine vertikale Komponente F_{pv} zerlegt.

Weiterhin wirken folgende Kräfte auf die Fluidelemente ein:

- Gewichtskraft F_G
- Auftriebskraft F_A
- Widerstandskraft F_W , die nur im Fall einer Relativbewegung zum umgebenden Fluid auftritt.

Durch Überlagerung der an jedem Ort des betrachteten Bereiches an die Fluidelemente angreifenden Kräfte ergibt sich ein Feld resultierender Kräfte F_{res} , das die Bahnlinien der Fluidteilchen bestimmt, wobei der Ort des Eintritts in den Bereich, die Anfangsgeschwindigkeit sowie die Dichte bzw. Masse zu berücksichtigen sind.

Zur Beschreibung des Abscheidemechanismus werden zwei Anwendungsfälle unterschieden.

Der Hauptanwendungsfall ist die Abscheidung schwallartiger Flüssigkeitsvolumina, die als Blasen-, Schwall-, Pfropfen-, Ring-, Schicht- oder Wellenströmung eingetragen werden.

Diese Strömungsformen sind dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeitsphase kontinuierlich vorliegt, d. h. kompakte, zusammenhängende Flüssigkeitsmengen bildet. In diesem Fall steht F_G mit F_A im Gleichgewicht, da sich die Fluidelemente in einem Medium gleicher Dichte befinden. Da mit hinreichender Genauigkeit gilt, daß alle Fluidelemente der Flüssigkeitsphase von Nachbarelementen mit gleichem Geschwindigkeitsvektor umgeben sind, wird $F_W = 0$ gesetzt.

Somit ergibt sich F_{res} als Resultierende der Druckkraftkomponenten F_{pv} und F_{ph} .

Gemäß dem Grundgesetz der Dynamik

$$F = m \cdot a \text{ bzw. } a = \frac{F_{res}}{m_{FE}} = \frac{F_{res}}{\rho_{FE} \cdot V_{FE}}$$

m_{FE} — Masse eines Fluidelementes

ρ_{FE} — Dichte des Fluides

V_{FE} — Volumen eines Fluidelementes

ruft F_{res} eine Beschleunigung und damit, infolge der Wirkung der Komponente F_{pv} , eine Ablenkung des betrachteten Fluidelementes in Richtung des Abganges hervor.

Wegen $m_{FE} = \rho_{FE} \cdot V_{FE}$ ist die auftretende Beschleunigung und damit der Ablenkungswinkel dichteabhängig, woraus der Abscheideeffekt resultiert. Infolge der Ablenkungsvorgänge kommt es zu einer Hebung des Flüssigkeitsspiegels im Bereich Einlauteil–Abgang über das Umgebungsniveau, bis ein Gleichgewicht zwischen der dann existierenden Gewichtskraftkomponente und F_{pv} vorliegt.

Der Einfluß der infolge der geneigten Ausführung des Einlauteiles auftretenden Beschleunigung der Flüssigkeitsphase längs der Rohrachse bleibt aus Gründen der Vereinfachung unberücksichtigt.

Als weiterer Anwendungsfall soll der Abscheidemechanismus bei Beaufschlagung mit tropfenförmigen Flüssigkeitspartikeln (Sprühströmung) untersucht werden.

In diesem Fall ist die Kräftebilanz um die Widerstandskraft zu erweitern, da im Bereich des in den Abgang einströmenden Teilgasstromes eine Relativbewegung zwischen Gas- und Flüssigkeitsphase vorliegt.

Es gilt:

$$F_W = C_W \frac{\rho_G}{2} V_{rel}^2 \cdot A_p$$

C_W — Widerstandsbeiwert einzelner Partikel

ρ_G — Dichte der kontinuierlichen Phase (Gasdichte)

V_{rel} — Relativgeschwindigkeit

A_p — Querschnittsfläche der Partikel senkrecht zur Relativgeschwindigkeit

Weiter gilt:

$$C_W = f(Re) \text{ wobei } Re = \frac{V_{rel} \cdot d_p}{\gamma_G}$$

d_p — Partikeldurchmesser

γ_G — kinematische Viskosität der Gasphase

Für C_W liegt keine allgemeine analytische Beziehung vor. Messungen zeigen jedoch eindeutig, daß der Funktionsverlauf $C_W = f(Re)$ einen negativen Anstieg hat, d. h. C_W mit steigender Reynoldszahl abnimmt.

Durch die Widerstandskraft wird den Flüssigkeitspartikeln gemäß

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_W}{\frac{\pi d^3}{6} \rho_F} = \frac{3 C_W \rho_G V_{rel}^2}{4 d_p \rho_F}$$

F — Dichte der Flüssigkeitsphase

eine Beschleunigung erteilt. Werden die Stoffwerte ρ_G , ρ_F , γ_G sowie V_{rel} als konstant betrachtet, wird deutlich, daß mit zunehmendem Partikeldurchmesser die in Richtung des Abganges erteilte Beschleunigung abnimmt. Hieraus resultiert ein Abscheideeffekt für Flüssigkeitspartikel, wobei ein kritischer Durchmesser d_p existiert, bei dessen Unterschreitung nach o. g. Wirkungsmechanismus der Eintrag der Partikel in den Abgang erfolgt.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die beschriebene Vorrichtung die sichere Abscheidung schwallartiger Flüssigkeitsvolumina aus Gasströmungen (Hauptanwendungsfall) sowie die Abscheidung von Tropfenspektren ermöglicht, wobei ein minimaler abscheidbarer Tropfendurchmesser existiert.

Ausführungsbeispiel

Spezielle Anwendungsmöglichkeiten bestehen in Erdgasförderbetrieben, in denen der sogenannte Naßgastransport praktiziert wird.

Mit fortschreitendem Abbau der Lagerstätten nimmt der Wasseranteil im Gas (freies Wasser) progressiv zu.

Das Wasser-Gas-Volumenverhältnis und die Fließgeschwindigkeit weichen dann wesentlich von den der Rohrleitungsdimensionierung zugrunde gelegten Werten ab, so daß die Ansammlung größerer Wassermengen in tieferliegenden Leitungsabschnitten und deren Mobilisierung begünstigt werden.

Diese Verhältnisse liegen sowohl in sogenannten Sondenleitungen (Verbindungsleitungen zwischen Fördersonden und Gassammelpunkten) als auch in den großvolumigen Verbindungsleitungen zwischen den Gassammelpunkten und den Aufbereitungsstationen (Ort der Betriebsmittelverluste durch Schwallwassereintrag) vor.

Bei den Gassammelpunkten handelt es sich um Anlagen, in denen mehrere Sondenleitungen zusammengeführt werden.

Zweckmäßige Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung bestehen demnach sowohl in Sondenleitungen stark verwässerter Sonden als auch in den großvolumigen Verbindungsleitungen zu den Aufbereitungsstationen.

Der prinzipielle Aufbau beider Varianten ist identisch und entspricht der zeichnerischen Darstellung.

Besonderheiten:

- sind keine exakten Aussagen zu den zu erwartenden Schwallwassermengen möglich bzw. ist perspektivisch mit größeren Wassermengen zu rechnen, ist der Pufferbehälter erweiterungsfähig zu gestalten.
- Da mit dem Eintrag schlammförmiger Verunreinigungen in den Pufferbehältern zu rechnen ist, muß ein Sumpf vorgesehen werden, der so abgesperrt werden kann, daß eine Reinigung im Betriebszustand der Anlage möglich ist.
- Es sind Absperrorgane zu installieren, die es erlauben, die Anlage im Reparatur- oder Havariefall vom Gesamtsystem zu trennen, ohne die Gasförderung einstellen zu müssen.
- Da es sich bei den Pufferbehältern um Druckgefäße handelt, sind die in der TGL 30330 geforderten Sicherheitseinrichtungen anzubringen (Druckanzeige, Temperaturanzeige, Füllstandsanzeige, Sicherheitsabblaseventil).

Vorrichtung zur Abscheidung schwallartiger Flüssigkeitsvolumina aus Gasströmungen
(nicht maßstäbliche Skizze)

