

BeschreibungVerfahren und Vorrichtung zur Erkennung von sich bewegenden Objekten in einem
Gasstrom bei einer kryogenen Gastrennung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung von bewegten Objekten in einem
5 Gasstrom bei einer kryogenen Gastrennung.

In Direktkontaktapparaten wie z.B. Kolonnen oder Packungssäulen, aber auch bei
Siedevorgängen stehen gasförmige und flüssige Phasen in direktem Kontakt. Dabei
kann es zum Tropfenmitriss, also einem Mitführen von kleinen Tröpfchen oder Nebel
10 durch den Gasstrom kommen. Dieses Austragen der flüssigen Phase ist in der Regel
unerwünscht. Zur Verhinderung des Tropfenmitrisses kommen Tropfenabscheider, wie
z.B. prallblechbasierte Abscheider wie Lamellenabscheider, Gestrickabscheider,
Schwerkraftabscheider oder Zyklonabscheider, zum Einsatz. Arbeitet der
Tropfenabscheider nicht ordnungsgemäß, kommt es zu einem Tropfenmitriss. Dies
15 kann zu schwerwiegenden Schäden an dahinter folgenden Anlagenteilen führen, die
auf eine Gasströmung ohne Flüssigkeitsanteil angewiesen sind.

Eine regelmäßige Überwachung des Abscheiders, also eine Detektion von
Tropfenmitriss, kann üblicherweise bei Gestrickabscheidern zum Einsatz kommen.
20 Dabei macht man sich die Eigenschaft des Drahtgestricks zunutze, dass sich vor
einem starken Anstieg eines Wassermitrisses aus dem Gestrick heraus zuerst eine
Wassersprudelschicht im unteren Bereich des Gestricks ausbildet. Diese
Wassersprudelschicht erhöht den Druckverlust der Luft beim Durchströmen des
Gestricks proportional zur Höhe der Sprudelschicht.

25 Die indirekte Überwachung von Wassermitriss über den Druckverlust weist den
Nachteil auf, dass Schaum, der im Falle eines Gestrickabscheiders nicht
zurückgehalten werden kann, keinen nennenswerten Druckverlustanstieg zur Folge
hat. Bei einer Entstehung von Schaum ist die Kontrolle daher unzureichend. Darüber
30 hinaus können sich im Laufe der Zeit Verschmutzungen, wie beispielsweise beim
Einsatz von Wasser Algen oder Kalk, im Gestrick ablagern. Der Druckverlust über das
Gestrick steigt dabei langsam und kontinuierlich an. Die Mitrissmenge erhöht sich mit

zunehmender Verschmutzung des Gestricks, so dass sich ein Alarmgrenzwert für den Druckverlust stets nur vorübergehend angeben lässt.

Bei anderen Typen von Abscheidern können aus anderen Prozessparametern, wie z.B.
5 der Temperatur hinter dem Abscheider oder dem Verhalten des Mediums in weiteren Verfahrensschritten, Rückschlüsse auf einen eventuellen Tropfenmitriss gezogen werden. Diese Methoden sind aber sehr fehleranfällig, da auch eine Vielzahl anderer Gründe zu den genannten Abweichungen der Prozessparameter führen kann.

10 Zur direkten Erkennung von Tropfenmitriss in einem Gasstrom sind bislang nur aufwendige optische Messverfahren und –vorrichtungen mit rechnergestützter Mustererkennung kommerziell erhältlich.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine
15 Vorrichtung bereitzustellen, mit denen sich bewegende Objekte, insbesondere Flüssigkeitströpfchen, in einem Gasstrom zuverlässig und einfach erkannt werden können.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die Verfahren und die Vorrichtung mit den Merkmalen
20 der der unabhängigen Patentansprüche.

Die erfindungsgemäßen Verfahren eignen sich zur Erkennung von sich bewegenden Objekten in einem Gasstrom. Als solche werden hier und im Folgenden sich bewegende Objekte bezeichnet, die ganz oder teilweise von einem Gasstrom
25 umgeben sind, unabhängig davon, ob sich die Objekte mit dem Gasstrom oder relativ zu ihm bewegen. Als sich bewegende Objekte in einem Gasstrom sind im Folgenden insbesondere Flüssigkeitstropfen bzw. Nebel in dem Gasstrom zu verstehen. Sich bewegende Objekte in dem Gasstrom beschreiben demgemäß insbesondere einen Tropfenmitriss in dem Gasstrom. Mit der Formulierung "sich bewegende Objekte" bzw.
30 "bewegte Objekte" soll im Folgenden sowohl der Fall eines einzelnen Objekts als auch der mehrerer Objekte umfasst sein.

Die Erkennung dieser sich bewegenden Objekte in dem Gasstrom und somit ein Erkennen eines Tropfenmitrisses umfasst im Rahmen der Erfindung ein Bestrahlen des
35 Gasstroms mit elektromagnetischer Sendestrahlung im Mikrowellen- oder

Terahertzbereich und ein Erfassen daraus resultierender Streustrahlung. Diese entsteht durch Streuung bzw. Reflexion der Sendestrahlung an mindestens einem Objekt im oder beim Gasstrom. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst weiterhin ein Erfassen eines Frequenzunterschiedes zwischen der Sendestrahlung und der
5 Streustrahlung. Aus diesem Frequenzunterschied wird auf das Vorhandensein eines sich bewegenden Objektes oder mehrerer sich bewegender Objekte im Gasstrom geschlossen. Dabei werden aus dem Frequenzunterschied und der Amplitude, insbesondere der Amplitude der Streustrahlung bzw. der reflektierten Sendestrahlung, ein Vorhandensein, eine Anzahl und/oder ein Anteil an sich bewegender Objekte im
10 Gasstrom bestimmt.

Diese Erkennung von sich bewegenden Objekten in dem Gasstrom wird im Rahmen der Erfindung für die Trennung von Gasen, insbesondere für eine kryogene Gastrennung, genutzt.

15 Gemäß dem ersten erfindungsgemäßen Verfahren wird die Erkennung von sich bewegenden Objekten in dem Gasstrom im Zuge eines Verfahrens zur Trennung von Gasen eines Gasgemischs genutzt. Das Gasgemisch wird dabei in Form eines Gasstroms beispielsweise durch eine entsprechende Anlage zur Gastrennung transportiert. Aus den Rückschlüssen auf ein sich bewegendes Objekt im Gasstrom können somit ein Vorhandensein, eine Anzahl und/oder ein Anteil an sich bewegender
20 Objekte im Gasstrom bestimmt werden. Die Trennung der Gase des Gasgemischs wird unter Berücksichtigung dieser derart bestimmten sich bewegenden Objekte im Gasstrom durchgeführt.

25 Unter den Begriffen "Gastrennung" bzw. "kryogene Gastrennung" bzw. "Trennung von Gasen" ist dabei insbesondere ein kompletter Prozess zur Trennung von Gasen zu verstehen, wobei insbesondere sämtliche Schritte dieses Prozesses umfasst sein sollen. Insbesondere beginnt der Prozess zur Trennung von Gasen dabei mit einem
30 ersten Schritt, in welchem zu trennendes Gasgemisch angesaugt wird, und endet mit einem letzten Schritt, in welchem die einzelnen getrennten Gase des Gasgemischs entnommen werden. Insbesondere umfasst der Prozess zur Trennung von Gasen ein (Vor-)Reinigen bzw. Waschen des Gasgemischs, um Staub und andere Feststoffteilchen herauszufiltern. Des Weiteren umfassen die einzelnen Schritte des
35 Prozesses zur Trennung von Gasen insbesondere mehrfaches Erwärmen und

Abkühlen des Gasgemischs bzw. mehrfaches Verdichten und Entspannen des Gasgemischs.

Im Fall einer Luftzerlegung kann der Prozess zur Trennung von Gasen insbesondere
5 eine Tieftemperaturzerlegung der Luft sein. Insbesondere umfassen die Schritte des
Prozesses zur Trennung von Gasen bei der Luftzerlegung insbesondere zunächst eine
Vorreinigung der Luft, insbesondere durch ein Molsieb, um insbesondere
Wasserdampf, Staub, Kohlenwasserstoffe, Lachgas und Kohlenstoffdioxid aus der Luft
herauszufiltern. Die Weiteren Schritte umfassen insbesondere Vorkühlen auf eine
10 bestimmte Temperatur, Verdichten und Entspannen der Luft, Abkühlen auf den
Taupunkt, eine Entnahme der einzelnen getrennten Gase der Luft und gegebenenfalls
ein Erwärmen der getrennten Gase.

Gemäß dem zweiten erfindungsgemäßen Verfahren wird mittels der Erkennung von
15 sich bewegenden Objekten in dem Gasstrom eine Überwachung und/oder eine
Regelung von Elementen bzw. Bauteilen durchgeführt, welche insbesondere im
Rahmen der kryogenen Gastrennung genutzt werden. Derartige Elemente können als
ein Tropfenabscheider, ein Direktkontaktkühler, ein Verdampfer ein
Massenkraftabscheider, ein Zyklonabscheider, ein Elektrofilter oder ein Gaswäscher
20 ausgebildet sein.

Falls mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht nur Flüssigkeitstropfen bzw.
Nebel als sich bewegende Objekte in dem Gasstrom erkannt werden, sondern
beispielsweise auch feste Partikel (z.B. Aschepartikel, Staub, Eis), können derartige
25 Elemente bzw. Bauteile insbesondere auch als ein Feststofffilter oder ein Rußfilter
ausgebildet sein.

Derartige Elemente werden im Rahmen einer kryogenen Gastrennung insbesondere
für Abscheidungsprozesse genutzt, um einen Tropfenmitriss zu verhindern. Dennoch
30 kann es an diesen Elementen zu einem Tropfenmitriss kommen. Beispielsweise kann
bei einem Verdampfer eine nicht vollständige Verdampfung dazu führen, dass Tropfen
mitgerissen werden.

Durch die Erkennung von sich bewegenden Objekten in dem Gasstrom werden
35 derartige Elemente überwacht. Insbesondere kann das Erkennen von sich

bewegenden Objekten dabei stromabwärts des entsprechenden Elements durchgeführt werden, um zu überwachen, ob dieses Element korrekt funktioniert und einen Tropfenmitriss verhindert.

- 5 Alternativ oder zusätzlich kann das entsprechende Element auch geregelt werden. Dabei kann das Erkennen von sich bewegenden Objekten insbesondere vor dem Element durchgeführt werden. Werden sich bewegende Objekte in dem Gasstrom erkannt, kann das Element darüber informiert werden und entsprechend angesteuert werden, um die Objekte beispielsweise herauszufiltern und einen weiteren
10 Tropfenmitriss zu verhindern.

- In den beiden erfindungsgemäßen Verfahren wird somit ein Tropfenmitriss im Rahmen einer kryogenen Gastrennung erkannt. Somit wird verhindert, dass ein Tropfenmitriss bei der kryogenen Gastrennung Schäden anrichten kann. Dabei soll im Folgenden
15 unter der Formulierung "kryogene Gastrennung" sowohl eine kryogene Gastrennung gemäß dem ersten erfindungsgemäßen Verfahren als auch gemäß dem zweiten erfindungsgemäßen Verfahren umfasst sein.

- Analog zu den zwei erfindungsgemäßen Verfahren umfasst die Erfindung des Weiteren
20 zwei Vorrichtungen. Eine erste erfindungsgemäße Vorrichtung dient, analog zu dem ersten erfindungsgemäßen Verfahren, zur Trennung von Gasen eines Gasgemischs in dem Gasstrom.

- Eine "Vorrichtung zur Trennung von Gasen" bzw. eine "Vorrichtung zur Gastrennung"
25 bzw. eine "Vorrichtung zur kryogenen Gastrennung" ist insbesondere als eine Anlage ausgebildet. Diese Anlage weist insbesondere eine oder mehrere Coldboxen auf. In derartigen Coldboxen können beispielsweise Komponenten bzw. Anlagenteile wie Kolonnen, Plattenwärmeaustauscher, Druckbehälter, Abscheider, eine zugehörige Verrohrung, Instrumentierungen für Temperatur- und Druckmessungen,
30 Druckdifferenz- und Füllstandsanzeigen sowie Gehäusedurchführungen und Armaturen integriert sein.

- Im Fall einer Luftzerlegung ist die Anlage zur Trennung von Gasen insbesondere als eine Luftzerlegungsanlage ausgebildet. Derartige Luftzerlegungsanlagen weisen
35 insbesondere Destillationssäulensysteme auf, die beispielsweise als

Zweisäulensysteme, insbesondere als klassische Linde-Doppelsäulensysteme, aber auch als Drei- oder Mehrsäulensysteme ausgebildet sein können. Ferner können Vorrichtungen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, vorgesehen sein.

5

Die erste erfindungsgemäße Vorrichtung weist dabei Elemente auf, die dazu eingerichtet sind, die Erkennung von sich bewegenden Objekten in einem Gasstrom durchzuführen. Insbesondere umfasst die erste erfindungsgemäße Vorrichtung ein Rohr oder einen Behälter, durch das bzw. den ein Gasstrom geleitet werden kann. Sie umfasst weiterhin mindestens einen Sender, der geeignet ist, den Gasstrom mit elektromagnetischer Sendestrahlung im Mikrowellen- oder Terahertzbereich zu bestrahlen. Die Vorrichtung weist darüber hinaus mindestens einen Empfänger auf. Dieser ist eingerichtet, Streustrahlung (insbesondere Reflexionsstrahlung) zu detektieren, die entsteht, wenn die Sendestrahlung an mindestens einem Objekt gestreut (oder sogar reflektiert) wird. Schließlich umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung Mittel, die geeignet sind, einen Frequenzunterschied zwischen der Sende- und der detektierten Streustrahlung (Reflexionsstrahlung) zu erfassen.

Die Mittel umfassen dabei ferner Datenverarbeitungsmittel zur Auswertung eines oder mehrerer Parameter der Streustrahlung, zum Rückschließen auf sich bewegende Objekte im Gasstrom aus dem Frequenzunterschied. Analog zu dem ersten erfindungsgemäßen Verfahren wird mittels dieses Rückschlusses insbesondere ein Vorhandensein, eine Anzahl und/oder ein Anteil an bewegten Objekten in dem Gasstrom bestimmt.

25

Die erste erfindungsgemäße Vorrichtung ist dazu eingerichtet, die Trennung der Gase des Gasgemischs unter Berücksichtigung der Rückschlüsse der Mittel zum Erfassen des Frequenzunterschiedes durchzuführen.

Die Trennung der Gase des Gasgemischs unter Berücksichtigung der bestimmten sich bewegenden Objekte im Gasstrom kann dabei insbesondere Maßnahmen zum Schutz von Bauteilen bzw. Elementen umfassen, welche empfindlich gegen Tropfenmitriss sind und von diesem beschädigt werden können. Alternativ oder zusätzlich können dabei auch Maßnahmen umfasst sein, durch welche die Trennung der Gase des Gasgemischs in Abhängigkeit von dem Anteil an sich bewegender Objekte im

Gasstrom effizienter durchführt wird. Beispielsweise können dabei Parameter einzelner Bauteile bzw. Elemente speziell auf den Anteil an sich bewegender Objekte im Gasstrom eingestellt und angepasst werden.

- 5 Hiermit wird insbesondere die Regelung bzw. Überwachung durchgeführt. Die Regelung bzw. Überwachung kann dabei ebenfalls durch die Mittel oder durch ein weiteres Element, beispielsweise ein Steuergerät, durchgeführt werden. Eine zweite erfindungsgemäße Vorrichtung dient, analog zu dem zweiten erfindungsgemäßen Verfahren, zur Überwachung und/oder Regelung eines
- 10 Tropfenabscheiders, eines Direktkontaktkühlers, eines Verdampfers, eines Massenkraftabscheiders, eines Zyklonabscheiders, eines Elektrofilters und/oder eines Gaswäschers. Dabei umfasst die zweite erfindungsgemäße Vorrichtung ein Rohr oder einen Behälter, durch das bzw. den ein Gasstrom geleitet werden kann. Analog zu der ersten erfindungsgemäßen Vorrichtung umfasst auch die zweite erfindungsgemäße
- 15 Vorrichtung mindestens einen Sender, mindestens einen Empfänger und Mittel zum Erfassen eines Frequenzunterschiedes und zum Rückschließen auf sich bewegende Objekte im Gasstrom.
- 20 Im Rahmen der Erfindung können somit einzelne Bauteile bzw. Elemente der kryogenen Gastrennung vor Tropfenmitriss geschützt werden. Die Erkennung von sich bewegenden Objekten in dem Gasstrom kann dabei einmalig oder mehrmals während der kryogenen Gastrennung durchgeführt werden. Insbesondere wird die Erkennung von sich bewegenden Objekten in dem Gasstrom durchgeführt, bevor der Gasstrom
- 25 Bauteile bzw. Elemente durchläuft, welche empfindlich gegen Tropfenmitriss sind und von diesem beschädigt werden können. Somit wird im Zuge der Erfindung der Tropfenmitriss frühzeitig erkannt und es können entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden, um die jeweiligen Bauteile bzw. Elemente zu schützen.
- 30 Die folgenden Ausführungsformen der Erfindung sowie die dargestellten Vorteile gelten in analoger Weise sowohl für die beiden erfindungsgemäßen Verfahren als auch für die beiden erfindungsgemäßen Vorrichtungen.
- Ein Verdampfer kann dabei beispielsweise als ein Badverdampfer, als ein "Block in
- 35 Kettle" Wärmetauscher, als ein gewickelter Wärmetauscher, ein Rohrbündel

Wärmetauscher oder als ein Plattenwärmetauscher ausgebildet sein. Im Sinne der Erfindung kann dabei ein Erkennen eines Entrainment des Verdampfers realisiert werden. Entrainment beschreibt im Allgemeinen eine Aufnahme von Partikeln in einem Fluid. Im Sinne der Erfindung beschreibt Entrainment insbesondere eine Aufnahme
5 von Objekten in den Gasstrom. Beispielsweise kann der Verdampfer insbesondere für eine Erdgasverflüssigung oder eine Propan-Kältestufe genutzt werden. Analog kann auch das erste erfindungsgemäße Verfahren für eine Erdgasverflüssigung oder eine Propan-Kältestufe genutzt werden.

10 Die vorliegende Erfindung macht sich für die Erkennung sich bewogender Objekte in dem Gasstrom und somit für die Erkennung eines Tropfenmitriss den Dopplereffekt zunutze, indem aus einer ggf. erfassten Frequenzverschiebung eines rückgestreuten bzw. reflektierten Signals gegenüber dem ursprünglichen Sendesignal auf eine Relativgeschwindigkeit bzw. Relativgeschwindigkeitsverteilung des
15 streuenden/reflektierenden Objektes geschlossen werden kann. Bei einer vergleichsweise großen Anzahl an streuenden/reflektierenden Objekten und somit einer vergleichsweise großen Anzahl an Streuzentren wird dabei insbesondere nur auf eine Relativgeschwindigkeitsverteilung geschlossen.

20 Das streuende bzw. reflektierende mindestens eine Objekt kann zum Beispiel eine feste Wandung des Rohres oder Behälters sein (in diesem Fall wird keine Frequenzverschiebung erfasst) oder ein sich mit dem Gasstrom bewogendes Teilchen oder Objekt, beispielsweise ein Flüssigkeitströpfchen oder ein festes Partikel (wie insbesondere z. B. ein Aschepartikel).

25

Das Messprinzip der erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtungen hat den Vorteil, dass es auch bei Abscheidern eingesetzt werden kann, bei denen keine Detektion sich bewogender Objekte durch einen Druckverlust möglich ist. Das Rohr bzw. der Behälter muss für die Detektion lediglich von einer Seite
30 zugänglich sein. Da das Prinzip auf einer direkten Vorgehensweise beruht, wird zudem eine hohe Zuverlässigkeit bei der Erkennung sich im Gasstrom bewogender Objekte erreicht. Bei Verwendung im Zusammenhang mit einem Direktkontaktkühler erlaubt die Erfindung, die Messung weiter entfernt von einem Abscheider, beispielsweise direkt vor einem wasserempfindlichen Bauteil durchzuführen. Im Gegensatz zu kommerziell
35 erhältlichen Regensensoren können bei dem der Erfindung zugrunde liegenden

Volumenverfahren Randeffekte wie eine Kondensation von Flüssigkeit an der Rohr- oder Behälterwandung diskriminiert und/oder unberücksichtigt gelassen werden. Da auf bewegliche mechanische Teile verzichtet werden kann, weist die erfindungsgemäße Vorrichtung eine hohe Lebensdauer auf.

5

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung sind zudem weitgehend unempfindlich gegen Ablagerungen an den Rohr- oder Behälterwandungen. Insbesondere sind Kalkablagerungen oder feuchte Algenschichten ausreichend durchlässig für die elektromagnetische Sendestrahlung, so dass sie die Funktionsfähigkeit nicht beeinträchtigen.

10

Vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche, dieser Beschreibung und der Figur.

15

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst der Schritt des Erfassens eines Frequenzunterschiedes ein Diskriminieren von solcher gestreuter (z.B. reflektierter) Strahlung, die von mindestens einem unbewegten Objekt gestreut (bzw. reflektiert) wurde, beispielsweise von Tropfen an einer Wandung des Rohrs oder Behälters oder von der Wandung selbst. Das Diskriminieren kann beispielsweise mit Hilfe eines geeigneten Filters erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann im Rahmen einer Auswertung der Frequenzen gestreuter Strahlung (beispielsweise mit Hilfe geeigneter Analysesoftware) diejenige gestreute Strahlung erkannt werden, die vom mindestens einen unbewegten Objekt gestreut wurde.

20

25

Über eine geeignete Datenaufbereitung kann die Streustrahlung oder auch direkt ein resultierendes Dopplersignal analysiert werden. Die gemessene Relativgeschwindigkeit, eine durch die einzelnen bewegten Objekte aufgeprägte zeitliche Modulation der Streustrahlung und/oder eine absolute Signalstärke kann dabei in die Datenaufbereitung und -analyse einbezogen werden. Dadurch kann die Detektionssicherheit gesteigert werden.

30

In einer bevorzugten Ausführungsform werden die stoffabhängigen Größen Permeabilität μ und Permittivität ε der zu beobachtenden bewegten Objekte und des Gases in die Datenanalyse einbezogen. Sie beeinflussen die Streuung bzw. Reflexion

der Sendestrahlung. Im Falle von Wasser und Luft betragen die relativen Permittivitäten (Dielektrizitätszahlen) ca. $\epsilon = 77$ bzw. $\epsilon = 1$.

- In einer bevorzugten Ausführungsform wird/werden ein oder mehrere Parameter der Streustrahlung ausgewertet; die Vorrichtung kann dafür geeignete Datenverarbeitungsmittel umfassen. Beispielsweise kann das Rückschließen auf sich bewegende Objekte im Gasstrom ein Vergleichen mindestens eines Parameters der erfassten Streustrahlung mit einem oder mehreren vorbestimmten Schwellwert(en) umfassen. Der oder die Parameter können beispielsweise eine oder mehrere Frequenz(en) oder Amplitude(n) der Streustrahlung sein. Der oder die Schwellwert(e) kann bzw. können ein oder mehrere Intervall(e) begrenzen, die Toleranzbereiche für den oder die Parameter in Bezug auf die Indikation sich bewegender Objekte im Gasstrom sind.
- 15 Diese Ausführungsform erlaubt eine flexible Anwendung des Verfahrens. Beispielsweise kann das Rückschließen ein Erfassen einer vorgesehenen minimalen Amplitude der Streustrahlung umfassen. Liegt die Amplitude unterhalb dieses Minimums, kann von einem Messfehler oder einer vernachlässigbar kleinen Anzahl an sich bewegenden Objekten ausgegangen werden. Welche Anzahl dabei im jeweiligen Fall als unbeachtlich anzusehen ist, kann über eine Festlegung des Schwellwertes variabel eingestellt werden.

- Aus dem oder den Parameter(n) der Streustrahlung können Informationen über die sich bewegenden Objekte hergeleitet werden. Beispielsweise kann aus einer Frequenz der Streustrahlung auf eine Relativgeschwindigkeit der sich bewegenden Objekte in Richtung der Sendestrahlung geschlossen werden. Alternativ oder zusätzlich kann aus einer Signalstärke (d.h. der Amplitude) der Streustrahlung eine Ober- oder Unterschränke für die Objektanzahl pro Volumeneinheit im Gasstrom und/oder eine mittlere Objektgröße abgeleitet werden. Insbesondere kann aus einer Amplitude der Streustrahlung ein integraler Streuquerschnitt errechnet werden, also eine Kenngröße, die einer mittleren Größe und/oder einer Anzahl an sich bewegenden Objekten pro Volumeneinheit im Gasstrom entspricht. So lässt sich Aufschluss über die Vorgänge im Rohr oder Behälter gewinnen.

Das Herleiten der Menge bzw. Anzahl bzw. des Anteils an Objekten bzw. der (mittleren) Größe der Objekte in dem Gasstrom ist dabei zunächst einmal nur über die Intensität des Doppler-Signals bzw. der Streustrahlung möglich.

- 5 Da die Größe der Objekte (insbesondere im Submillimeter-Bereich) teilweise deutlich unter der Wellenlänge der Sendestrahlung liegen kann (falls beispielsweise Radarstrahlung als Sendestrahlung verwendet wird, liegt die Wellenlänge der Sendestrahlung im cm-Bereich), müsste die Rückstreuung der Sendestrahlung als Mie-Strahlung bzw. als Rayleigh-Streuung beschrieben werden. Dabei wird üblicherweise
 10 ein Wirkungsquerschnitt angesetzt. Da im Rahmen der Erfindung die Wellenlänge und ein Rückstreuungswinkel bzw. ein Beobachtungswinkel, unter welcher die rückgestreute Strahlung emittiert wird, konstant sind, bietet sich eine Beschreibung analog zu einer direkten Streuung an einzelnen Partikeln an.

- 15 Dabei gilt für den Beitrag eines einzelnen Objekts bzw. Tropfen zur Intensität des Doppler-Signals bzw. der Streustrahlung:

$$I \propto \frac{A}{d^2} \propto \frac{r^2}{d^2} \text{ mit der Intensität } I, \text{ dem Abstand } d \text{ der Objekte zueinander und der}$$

- Querschnittsfläche A bzw. dem Radius r der Objekte. Folglich gilt, dass bei gleichem Abstand d wenige große Objekte bzw. Tropfen für einen höheren Wassertransport als
 20 viele kleine Objekte bzw. Tropfen sorgen.

- Es kann angenommen werden, dass die Objekte in dem Gasstrom in einem zweckmäßigen Volumen gleichverteilt oder zumindest zeitlich konstant verteilt sind. Der Abstand hat somit keinen Einfluss, wodurch nur noch eine Abhängigkeit von der
 25 Größe der Objekte gegeben ist.

- Um nun die Menge an Objekten quantitativ zu bestimmen, muss demgemäß auch eine Größenverteilung der Objekte bekannt sein oder zumindest konstant sein. Dies kann für Tropfen in Form eines Tropfenmittrisses in dem Gasstrom angenommen werden.
 30 Somit kann das erfindungsgemäße System aus Sensoren experimentell kalibriert werden.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst eine Datenfusion der Informationen, die aus der erfassten Streustrahlung erzielt werden, mit

Daten, die auf Grundlage anderer Messprinzipien, beispielsweise optischer oder schallbasierter Techniken gewonnen wurden. So kann eine entsprechende Analyse noch umfassendere und zuverlässigere Ergebnisse über die sich bewegenden Objekte im Gasstrom liefern.

5

Vorzugsweise erfolgt das Bestrahlen des Gasstroms mit Sendestrahlung schräg zur Flussrichtung des Gasstroms und/oder unter verschiedenen Einstrahlwinkeln (gleichzeitig oder im Wechsel) und/oder mit verschiedenen Frequenzen (gleichzeitig oder im Wechsel). Insbesondere können auf diese Weise Redundanzen erzeugt und so die Zuverlässigkeit erhöht werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Bestrahlung gleichzeitig auf verschiedene Strömungslinien des Gases im Rohr oder Behälter ausgerichtet werden, indem beispielsweise mehrere Sender um das Rohr bzw. den Behälter herum verteilt werden oder an verschiedenen Positionen entlang dem Rohr bzw. Behälter angeordnet sind. Auf diese Weise können Informationen über die Verteilung der sich bewegenden Objekte im Rohr oder Behälter gewonnen werden.

Der mindestens eine Sender und der mindestens eine Empfänger können in einen gemeinsamen Sensor integriert sein oder separat voneinander angeordnet sein. Im ersten Fall umfasst der Sensor vorzugsweise einen Mischer, der die Sende- und die Streustrahlung miteinander überlagert und daraus ein integriertes Signal (d.h. das Dopplersignal) bildet und ausgibt; derartige Sensoren sind kostengünstig und robust im Handel erhältlich. Mit Hilfe von Frequenzfilterung können ungeeignete Frequenzen wie beispielsweise zu niedrige Dopplerfrequenzen oder Störfrequenzen eliminiert werden. Der erfindungsgemäße Schritt des Erfassens eines Frequenzunterschiedes kann durch Betrachtung nur des integrierten Signals erfolgen. Beispielsweise liegt die Dopplerfrequenz bei üblichen, in Luftzerlegungsanlagen auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten bei 10 Hz bis 100 Hz. Besonders geeignet zum Bestrahlen des Gasstroms mit Sendestrahlung und/oder Empfangen der Streustrahlung ist/sind ein oder mehrere Radargerät/e.

30

Vorzugsweise ist die Sendestrahlung gepulste Radarstrahlung oder FMCW-Radarstrahlung. Das Verfahren kann ein Bestimmen einer Entfernung der sich bewegenden Objekte von einer vorbestimmten Bezugsgröße (beispielsweise einer ausgewählten Position, insbesondere der eines Senders) umfassen. Beispielsweise kann ein zeitlicher Abstand zwischen einem Aussenden eines Radarpulses und einem

35

Erfassen seiner Streustrahlung detektiert und zu einer derartigen Berechnung herangezogen werden, oder eine Frequenzmodulation kann zum Markieren der Sendestrahlung und damit zur Entfernungsbestimmung verwendet werden.

- 5 Insbesondere bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der das Rohr oder der Behälter Teil eines Direktkontaktkühlers ist. Die sich bewegenden Objekte sind dabei vorzugsweise Wassertröpfchen. Im Falle üblicher Behälterdurchmesser zwischen etwa 0,1 m und etwa 5 m eignet sich insbesondere ein Radarsensor, der mit 24 GHz unter einem Winkel von 45° gegenüber einer Längsachse des Behälters oder gegenüber der
- 10 Richtung des Gasstroms einstrahlt.

- Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Rohr oder der Behälter aus elektrisch nicht leitendem Material ist. Die Sendestrahlung kann dann von außen durch die Rohr- bzw. Behälterwandung gestrahlt werden, ein zugehöriges Sendemittel also außen am Rohr
- 15 bzw. Behälter angebracht werden, und insbesondere kann auf einen Flansch o.ä. verzichtet werden. Dies erlaubt eine kostengünstige Nachrüstung einer entsprechenden Anlage, beispielsweise eines Direktkontaktkühlers. Alternativ kann der mindestens eine Sender und/oder der mindestens eine Empfänger im Innern des Rohres oder Behälters angeordnet werden.

20

Insbesondere können die erfindungsgemäßen Vorrichtungen (bzw. die erfindungsgemäßen Verfahren) zur Erkennung von festen Teilchen (wie z.B. Aschepartikeln) in Gasphasen eingesetzt werden, beispielsweise wenn sie wie erwähnt zur Überwachung und/oder Regelung der genannten Filter verwendet werden.

25

- In einer bevorzugten Ausgestaltung wird das Gasgemisch in Form des Gasstroms in einem Verdichtungsprozess verdichtet und in einem Entspannungsprozess entspannt. Dieser Verdichtungsprozess und dieser Entspannungsprozess sind Teil der kryogenen Gastrennung. Zweckmäßig wird vor und/oder nach dem Verdichtungsprozess und/oder
- 30 dem Entspannungsprozess das Erkennen sich bewegender Objekte im Gasstrom durchgeführt. Je nach Ausgestaltung der kryogenen Gastrennung, den verwendeten Elementen und einer Empfindlichkeit der einzelnen Elemente gegenüber einem Tropfenmitriss kann es zweckmäßiger sein, das Erkennen sich bewegender Objekte im Gasstrom vor und/oder nach dem Verdichtungsprozess und/oder dem
- 35 Entspannungsprozess durchzuführen.

Im Zuge der kryogenen Gastrennung kann auch ein (zumindest teilweise) verflüssigtes Gasgemisch in einem Verdampfungsprozess verdampft werden und wieder in einen gasförmigen Zustand in die Form des Gasstroms umgewandelt werden. Weiterhin
5 kann das Gasgemisch in Form des Gasstroms in einem Kondensationsprozess wieder (zumindest teilweise) verflüssigt werden. Dabei kann insbesondere zweckmäßig vor und/oder nach dem Verdampfungsprozess und/oder dem Kondensationsprozess das Erkennen von sich bewegenden Objekten im Gasstrom durchgeführt werden.

Beispielsweise bietet es sich dabei insbesondere an, nach dem Verdampfungsprozess
10 das Erkennen von sich bewegenden Objekten im Gasstrom durchzuführen. Somit kann erkannt werden, ob im Zuge des Verdampfungsprozesses noch Flüssigkeitstropfen in dem Gasstrom vorhanden sind. Des Weiteren kann es sich insbesondere anbieten, vor dem Kondensationsprozess das Erkennen von sich bewegenden Objekten im Gasstrom durchzuführen. Somit kann erkannt werden, ob ein Tropfenmitriss in dem
15 Gasstrom vorhanden ist, welcher die Elemente zur Kondensation des Gasstroms beschädigen könnte.

Alternativ oder zusätzlich kann das Erkennen sich bewegender Objekte vor und/oder nach einem Abscheidungsprozess im Gasstrom durchgeführt werden.

20 Bevorzugt wird das Gasgemisch mittels eines Drosselventils, einer Entspannungsturbine, eines Druckverlustes an einer Rohrleitung und/oder eines Krümmers entspannt. Weiter bevorzugt wird das Gasgemisch in einem mehrstufigen Verdichter verdichtet und abgekühlt, insbesondere mit Kühlern. Alternativ oder
25 zusätzlich wird bevorzugt ein Taupunkt des Gasgemischs überwacht. Durch die Erfindung kann ein Schutz unterschiedlicher Stufen des Verdichtungsprozesses und/oder des Entspannungsprozesses sichergestellt werden.

Vorteilhafterweise werden unter Berücksichtigung des bestimmten Vorhandenseins,
30 der bestimmten Anzahl und/oder des bestimmten Anteils an sich bewegender Objekte im Gasstrom die sich bewegenden Objekte aus dem Gasstrom herausgefiltert. Die sich bewegenden Objekte können auch erst dann herausgefiltert werden, wenn das bestimmte Vorhandensein, die bestimmte Anzahl und/oder der bestimmte Anteils einen Schwellwert erreicht. Als dieser Schwellwert kann beispielsweise ein Grenzwert
35 gewählt werden, ab dem eine Beschädigung eines Elements der kryogenen

Gastrennung eintreten kann. Alternativ oder zusätzlich können auch weitere zweckmäßige Maßnahmen in Abhängigkeit von dem bestimmten Vorhandensein, von der bestimmten Anzahl und/oder von dem bestimmten Anteil an sich bewegenden Objekte im Gasstrom durchgeführt werden. Das bestimmte Vorhandensein, die
5 bestimmte Anzahl und/oder der bestimmte Anteil an sich bewegenden Objekte im Gasstrom kann auch für eine Bestimmung einer Reinheit bzw. eines Grads der Verunreinigung der getrennten Gase des Gasgemischs genutzt werden.

Insbesondere bietet sich diese Ausgestaltung für einen Abscheider an, insbesondere
10 für einen Abscheider nach Direktkontaktapparaten. Insbesondere kann ein derartiger Abscheider in dem ersten erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der ersten erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Trennung von Gasen des Gasgemischs genutzt werden. Mittels des Abscheiders kann dabei das Herausfiltern der sich bewegenden Objekte durchgeführt werden. Mittels des bestimmten Vorhandenseins, der bestimmten
15 Anzahl und/oder des bestimmten Anteils sich bewegendes Objekte im Gasstrom kann der Abscheider überwacht und/oder geregelt werden.

Besonders bevorzugt ist die Erfindung für Direktkontaktkühler bzw. für Direktkontaktapparate für eine Luftzerlegungsanlage bzw. als eine
20 Luftzerlegungsanlage selbst ausgebildet. Dabei ist insbesondere die zweite erfindungsgemäße Vorrichtung als ein Direktkontaktkühler einer Luftzerlegungsanlage ausgebildet. Analog wird das zweite erfindungsgemäße Verfahren insbesondere in einem Direktkontaktkühler einer Luftzerlegungsanlage ausgeführt. Die erste erfindungsgemäße Vorrichtung ist dabei insbesondere als eine Luftzerlegungsanlage
25 ausgebildet bzw. das erste erfindungsgemäße Verfahren wird in einer Luftzerlegungsanlage durchgeführt. Insbesondere bietet es sich im Rahmen der Erfindung an, das Erkennen von sich bewegenden Objekten in dem Gasstrom in einer Luftzerlegungsanlage zwischen einem Molsieb und einer Coldbox durchzuführen.

30 Figurenbeschreibung

Figur 1 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

In der Figur 1 ist schematisch eine Vorrichtung 1 zum Erkennen von sich bewegenden Objekten in einem Gasstrom dargestellt. Die Vorrichtung umfasst ein Rohr 2, durch das (im dargestellten Fall) von unten nach oben ein Gasstrom 10 mit einer Geschwindigkeit v geleitet wird. Vom Gasstrom werden Objekte 11 mitgerissen, beispielsweise

5 Wassertröpfchen oder feste Partikel.

Das Rohr 2 ist dabei insbesondere als ein Teil einer Luftzerlegungsanlage ausgebildet. In der Luftzerlegungsanlage werden Gase eines Gasgemischs in Form des Gasstroms getrennt. Beispielsweise kann der Gasstrom in dem Rohr 2 einem Verdichter zugeführt
10 werden, um in einem Verdichtungsprozess verdichtet zu werden. Beispielsweise kann der Gasstrom in dem Rohr 2 auch einem Drosselventil zugeführt werden, um in einem Entspannungsprozess entspannt zu werden. Insbesondere kann das Rohr 2 auch zwischen einem Molsieb und einer Coldbox der Luftzerlegungsanlage angeordnet sein.

15 Außerhalb des Rohrs 2 befindet sich ein Radargerät 14, das einen Sender 18 für elektromagnetische Sendestrahlung 12 im Mikrowellen- oder Terahertzbereich umfasst. Unter einem Einstrahlwinkel α bestrahlt der Sender den Gasstrom mit der Sendestrahlung. Im gezeigten Beispiel wird der Einstrahlwinkel in Bezug auf die Gasstromrichtung gemessen, er könnte aber auch gegenüber einer beliebigen fest gewählten Vergleichsrichtung bestimmt sein, beispielsweise gegenüber der Horizontalen oder
20 der Vertikalen (die im gezeigten Beispiel mit der Gasstromrichtung übereinstimmt).

Die sich mit dem Gasstrom 10 bewegenden Objekte 11 reflektieren die Sendestrahlung. Aufgrund der Bewegung der Objekte entsteht dabei ein Dopplersignal,
25 dessen Frequenz von der Relativgeschwindigkeit der Objekte 11 in Richtung der Radarstrahlung 12 und damit von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt.

Die Streustrahlung 13 wird vom Radargerät 14, das einen geeigneten, nicht gezeigten Empfänger aufweist, erfasst. An das Radargerät angeschlossen ist eine Recheneinheit
30 15, die eingerichtet ist, den Frequenzunterschied zwischen der Sendestrahlung 12 und der erfassten Streustrahlung 13 zu erfassen. Dies ist in der Figur durch nebeneinandergestellte schematische Wellengraphen 16a (für die Sendestrahlung) und 16b (für die Streustrahlung) dargestellt. Aus dem Unterschied können auf das Vorhandensein der sich im Gasstrom bewegenden Objekte 11 und ihre
35 Geschwindigkeit bzw. ihre Geschwindigkeitsverteilung bestimmt werden. Eine

Auswertung der Amplitude 17 der Streustrahlung lässt Rückschlüsse auf die Anzahl der bewegten Objekte im Gasstrom (pro Volumeneinheit) zu.

5 Mittels dieser Anzahl der bewegten Objekte im Gasstrom (pro Volumeneinheit) wird ein Anteil der bewegten Objekte in dem Gasstrom bestimmt. Dieser bestimmte Anteil wird für die Luftzerlegung in der Luftzerlegungsanlage berücksichtigt. Die Recheneinheit 15 kann diesen bestimmten Anteil beispielsweise an ein Steuergerät der Luftzerlegungsanlage weiterleiten. Das Steuergerät steuert einzelne Elemente bzw. Bauteile der Luftzerlegungsanlage in Abhängigkeit von diesem bestimmten Anteil an.

10

Alternativ oder zusätzlich kann das Rohr 2 ein Teil eines der folgenden Elemente sein: eines Tropfenabscheiders; eines Direktkontaktkühlers, eines Verdampfers, eines Massenkraftabscheiders, eines Zyklonabscheiders, eines Elektrofilters oder eines Gaswäschers sein. Dieses entsprechende Element ist dann ein Bestandteil der
15 Luftzerlegungsanlage. Mittels des bestimmten Anteils der bewegten Objekte in dem Gasstrom wird das entsprechende Element durch die Recheneinheit 15 geregelt.

Bezugszeichenliste:

	1	Vorrichtung zum Erkennen bewegter Objekte in einem Gasstrom
	2	Rohr
5	10	Gasstrom
	11	bewegte Objekte
	12	Sendestrahlung
	13	Streustrahlung
	14	Radargerät
10	15	Recheneinheit
	16a	Graph der Sendestrahlung
	16b	Graph der Streustrahlung
	17	Amplitude der Streustrahlung
	α	Einstrahlwinkel
15		

Patentansprüche

1. Verfahren zur Trennung von Gasen eines Gasgemischs in Form eines Gasstroms, wobei
 - 5 - der Gasstrom mit elektromagnetischer Sendestrahlung (12) im Mikrowellen- oder Terahertzbereich bestrahlt wird,
 - Streustrahlung (13) erfasst wird, wobei die Streustrahlung durch Streuung der Sendestrahlung an mindestens einem Objekt (11) im Gasstrom entsteht,
 - ein Frequenzunterschied zwischen der Streustrahlung und der Sendestrahlung erfasst wird
 - 10 - aus dem Frequenzunterschied ein Vorhandensein, eine Anzahl und/oder ein Anteil sich bewegender Objekte im Gasstrom bestimmt und
 - die Trennung der Gase des Gasgemischs unter Berücksichtigung des bestimmten Vorhandenseins, der bestimmten Anzahl und/oder des bestimmten Anteils sich bewegender Objekte im Gasstrom durchgeführt wird.
 - 15
2. Verfahren zur Überwachung und/oder Regelung eines Tropfenabscheiders, eines Direktkontaktkühlers, eines Verdampfers, bei dem bei nicht vollständiger Verdampfung Tropfen mitgerissen werden, eines Massenkraftabscheiders, eines Zyklonabscheiders, eines Elektrofilters oder eines Gaswäschers,
 - 20 wobei sich bewegende Objekte (11) in einem Gasstrom (10) erkannt werden, indem
 - der Gasstrom mit elektromagnetischer Sendestrahlung (12) im Mikrowellen- oder Terahertzbereich bestrahlt wird,
 - Streustrahlung (13), die durch Streuung der Sendestrahlung an mindestens
 - 25 einem Objekt (11) im Gasstrom entsteht, erfasst wird
 - ein Frequenzunterschied zwischen der Streustrahlung und der Sendestrahlung erfasst wird und
 - aus dem Frequenzunterschied ein Vorhandensein, eine Anzahl und/oder ein Anteil sich bewegender Objekte im Gasstrom bestimmt wird.
 - 30
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Gasgemisch in Form eines Gasstroms in einem Verdichtungsprozess verdichtet und in einem Entspannungsprozess entspannt wird und vor und/oder nach dem Verdichtungsprozess und/oder dem Entspannungsprozess das Bestimmen des

Vorhandenseins, der Anzahl und/oder des Anteils sich bewogender Objekte im Gasstrom aus dem Frequenzunterschied durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Gasgemisch
5 mittels eines Drosselventils, einer Entspannungsturbine, eines Druckverlustes an einer Rohrleitung und/oder eines Krümmers entspannt wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Gasgemisch in
einem mehrstufigen Verdichter verdichtet und abgekühlt wird und/oder ein
10 Taupunkt des Gasgemischs überwacht wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei unter Berücksichtigung
das bestimmten Vorhandenseins, der bestimmten Anzahl und/oder des
bestimmten Anteils sich bewogender Objekte im Gasstrom die sich bewogenden
15 Objekte aus dem Gasstrom herausgefiltert werden.
7. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Bestimmen des
Vorhandenseins, der Anzahl und/oder des Anteils sich bewogender Objekte im
Gasstrom umfasst:
20 Vergleichen eines oder mehrerer Parameter/s (17) der erfassten Streustrahlung mit einem oder mehreren vorbestimmten Schwellwert/en; und
Feststellen, dass der oder die Parameter jeweils innerhalb oder außerhalb eines
durch den oder die Schwellwerte gegebenen Vergleichsintervalls liegt/liegen.
- 25 8. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, das zudem umfasst:
Bestimmen einer Frequenz der Streustrahlung und/oder einer Frequenz eines aus
der Sende- und der Streustrahlung resultierenden Dopplersignals;
Bestimmen, aus der Frequenz der Streustrahlung bzw. des Dopplersignals, einer
Relativgeschwindigkeit der sich bewogenden Objekte in Richtung der
30 Sendestrahlung und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit der sich bewogenden
Objekte in Richtung des Gasstroms.
9. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, das zudem umfasst:
Bestimmen einer Signalstärke (17) der Streustrahlung und/oder einer Signalstärke
35 eines aus der Sende- und der Streustrahlung resultierenden Dopplersignals;

Bestimmen, aus der Signalstärke der Streustrahlung bzw. des Dopplersignals, einer Kenngröße, die einer mittleren Größe sich bewegender Objekte und/oder einer Anzahl an sich bewegenden Objekten pro Volumeneinheit im Gasstrom entspricht.

5

10. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Sendestrahlung schräg oder parallel oder senkrecht zur Richtung des Gasstroms und/oder unter wechselnden Einstrahlwinkeln (α) und/oder mit wechselnden Sendefrequenzen ausgestrahlt wird.

10

11. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Sendestrahlung von einem oder mehreren Radargerät/en (14) ausgestrahlt wird, beispielsweise in Sendepulsen oder mit Frequenzmodulation, wobei das Verfahren vorzugsweise ein Bestimmen einer Entfernung oder eines Entfernungsbereichs der sich bewegenden Objekte von einer vorbestimmten Bezugsgröße, beispielsweise von einer Radargeräteposition umfasst.

15

12. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, das ein Bestimmen einer Strömungsgeschwindigkeit des Gasstroms umfasst.

20

13. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die sich bewegenden Objekte Feststoffe oder Tröpfchen einer Flüssigkeit wie beispielsweise Wasser sind.

25

14. Vorrichtung zur Trennung von Gasen eines Gasgemischs in einem Gasstrom, aufweisend

- mindestens einen Sender (18) zum Bestrahlen des Gasstroms mit elektromagnetischer Sendestrahlung (12) im Mikrowellen- oder Terahertzbereich
- mindestens einen Empfänger zum Detektieren einer Streustrahlung (13), wenn diese durch Streuung der Sendestrahlung an mindestens einem Objekt (11) im oder am Gasstrom entsteht und
- Mittel (15) zum Erfassen eines Frequenzunterschiedes zwischen der Streustrahlung und der Sendestrahlung, wobei die Mittel dazu eingerichtet sind, aus dem erfassten Frequenzunterschied ein Vorhandensein, eine Anzahl

30

und/oder einen Anteils sich bewegender Objekte (11) im Gasstrom zu bestimmen,

- wobei die Vorrichtung dazu eingerichtet ist, die Trennung der Gase des Gasgemischs unter Berücksichtigung der Bestimmung der Mittel (15) zum Erfassen des Frequenzunterschiedes durchzuführen.

5

15. Vorrichtung (1) zur Überwachung und/oder Regelung eines Tropfenabscheiders, eines Direktkontaktkühlers, eines Verdampfers, bei dem nicht vollständiger Verdampfung Tropfen mitgerissen werden, eines Massenkraftabscheiders, eines Zyklonabscheiders, eines Elektrofilters oder eines Gaswäschers, die aufweist: ein Rohr (2) oder einen Behälter zum Durchleiten des Gasstroms; mindestens einen Sender (18) zum Bestrahlen des Gasstroms mit elektromagnetischer Sendestrahlung (12) im Mikrowellen- oder Terahertzbereich; mindestens einen Empfänger zum Detektieren einer Streustrahlung (13), wenn diese durch Streuung der Sendestrahlung an mindestens einem Objekt (11) im oder am Gasstrom entsteht; und Mittel (15) zum Erfassen eines Frequenzunterschiedes zwischen der Streustrahlung und der Sendestrahlung, wobei die Mittel (15) Datenverarbeitungsmittel zur Auswertung eines oder mehrerer Parameter/n (17) der Streustrahlung umfassen, um aus dem Frequenzunterschied ein Vorhandensein, eine Anzahl und/oder einen Anteil sich bewegender Objekte (11) im Gasstrom zu bestimmen.

10

15

20

25

16. Vorrichtung gemäß Anspruch 14 oder 15, wobei der mindestens eine Sender und der mindestens eine Empfänger Komponenten eines oder mehrerer Radargerät/e (14) sind.

17. Vorrichtung gemäß Anspruch 18, wobei der oder die Sender eingerichtet ist/sind, den Gasstrom schräg oder parallel oder senkrecht zur Strömungsrichtung zu bestrahlen, vorzugsweise variabel aus veränderlicher Richtung und/oder gleichzeitig aus mehreren Richtungen.

30

18. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 14 bis 17, wobei die Mittel (15) zum Erfassen eines Frequenzunterschiedes Datenverarbeitungsmittel zur Auswertung eines oder mehrerer Parameter/n (17) der Streustrahlung umfassen und/oder

35

- zum Vergleichen eines oder mehrerer Parameter/s der erfassten Streustrahlung (13) mit einem oder mehreren vorbestimmten Schwellwert/en und zum Feststellen, dass der oder die Parameter jeweils innerhalb eines durch den oder die Schwellwerte gegebenen Vergleichsintervalls liegt/liegen; und/oder
- 5 zum Bestimmen einer Frequenz der Streustrahlung und/oder einer Frequenz eines aus der Sende- und der Streustrahlung resultierenden Dopplersignals, und zum Bestimmen, aus der Frequenz der Streustrahlung bzw. des Dopplersignals, einer Relativgeschwindigkeit der sich bewegenden Objekte in Richtung der Sendestrahlung; und/oder
- 10 zum Bestimmen einer Signalstärke (17) der Streustrahlung und/oder einer Signalstärke eines aus der Sende- und der Streustrahlung resultierenden Dopplersignals, und zum Bestimmen, aus der Signalstärke der Streustrahlung bzw. des Dopplersignals, einer Kenngröße, die einer mittleren Größe von sich bewegenden Objekten und/oder einer Anzahl an sich bewegenden Objekten
- 15 pro Volumeneinheit im Gasstrom entspricht; und/oder zum Bestimmen einer Entfernung der sich bewegenden Objekte vom Empfänger (14); und/oder zum Bestimmen einer Strömungsgeschwindigkeit des Gasstroms; und/oder zum Fusionieren des oder der Parameter/s mit Daten, die von einem oder
- 20 mehreren externen Sensoren geliefert werden, wobei der oder die externen Sensoren vorzugsweise auf anderen Messprinzipien als Doppler-Radar basieren, ausgebildet sind.
- 25 19. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 14 bis 18, die zudem ein Filter umfasst, das geeignet ist, durch Streuung der Sendestrahlung an unbewegten Objekten (2) entstehende Strahlung zu diskriminieren.
- 30 20. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 14 bis 19, die als Direktkontaktkühler für eine Luftzerlegungsanlage oder als eine Luftzerlegungsanlage ausgebildet ist.