

Systembeschreibung

Im CALDYN-Wäschersystem CALWIR werden Staubpartikeln, Aerosole und gasförmige Schadstoffe aus einem Rohgasstrom abgetrennt. Die Abscheidung der gasförmigen Schadstoffe erfolgt je nach Problemstellung durch Absorption (physikalisch und/oder chemisch) an Flüssigkeitstropfen oder am Flüssigkeitsfilm innerhalb einer Stoffaustauschpackung. Staubpartikeln und Aerosole werden durch Trägheitsabscheidung in Verbindung mit Wasserdampfkondensation abgetrennt.

Aufbau

Das CALWIR-Wäschersystem wird in 3 Grundtypen ausgeführt:

- Als Düsenwäscher (vgl. Abb.1) für die Absorption leicht löslicher Schadgase und/oder die Abscheidung von Staub mit geringem Feinanteil
- Als Packungskolonne (vgl. Abb.3) für die Absorption von Schadgasen und paralleler Staubabscheidung
- Als Hochleistungswäscher (vgl. Abb.6) für die Absorption von Schadgasen und die Abscheidung von Feinstaub und Aerosolen

Düsenwäscher

Der Düsenwäscher besteht aus einer oder mehreren Eindüsebenen mit Düsenstöcken sowie einem nachgeschalteten Tropfenabscheider. Durch die Flüssigkeitszerstäubung erfolgt zum einen eine Trägheitsabscheidung von Partikeln an den Tropfen und zum anderen die Absorption von gasförmigen Komponenten durch Stoffübergang an den Flüssigkeitstropfen. Die Trägheitsabscheidung wird im wesentlichen bestimmt durch die Relativgeschwindigkeit von Tropfen und Partikeln, die Größe der Tropfen und Partikeln sowie die Stoffeigenschaften des Gases (vgl. Abb.2).

Entscheidend für den Absorptionsprozess sind der gas- und flüssigkeit-

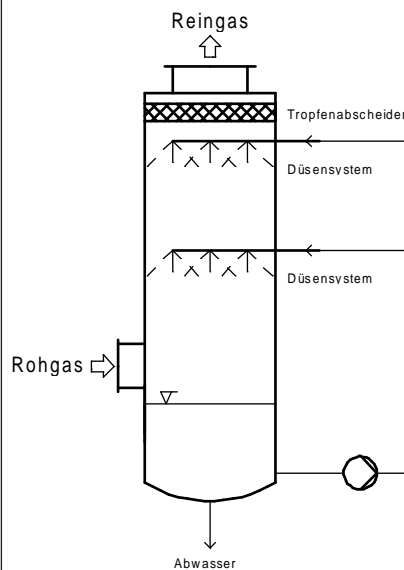


Abb.1 Schematischer Aufbau CALWIR-System als Düsenwäscher

seitige Stoffübergang sowie die erzeugte Flüssigkeitsoberfläche (Stoffaustauschfläche). Neben der Dimensionierung des Apparates (Verweilzeit) ist somit die Wahl der Zerstäubungseinrichtung und die Festlegung der Betriebsparameter für die Zerstäubung entscheidend für die Auslegung des Wäschers.

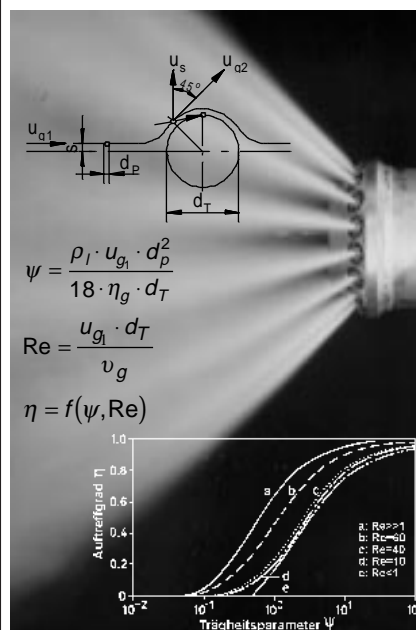


Abb.2 Düsenkopf mit Zweistoffdüsen CSL und Prinzip der Trägheitsabscheidung mit Tropfen

Im CALDYN-System werden je nach Aufgabenstellung Einstoff- oder Zweistoffdüsenysteme eingesetzt. Einstoffsysteme ermöglichen die Erzeugung von Flüssigkeitsoberflächen mit geringem spezifischen Energieverbrauch. Mit CALDYN-Zweistoffsystemen können durch den Freistrahlschleier auch kleinste Tropfen über längere Strecken mit hoher Relativgeschwindigkeit bewegt werden. Dadurch sind bei der Staubabscheidung höhere Abscheidegrade erzielbar. Im nachgeschalteten Tropfenabscheider Typ MULTIWIR (vgl. /2/) werden die beladenen Flüssigkeitstropfen sowie Feststoffpartikeln abgeschieden und tropfen gegen den Gasstrom in den Wäschersumpf ab. Durch eine geeignete Dimensionierung des MULTIWIR-Tropfenabscheiders kann daher der Feststoffabscheidegrad zusätzlich verbessert werden.

Packungskolonne

Das CALWIR-System mit Packungskolonne besteht aus einer oder mehreren MULTIWIR-Stoffaustauschpackungen (vgl. Abb.4) mit jeweils einem Düsenystem zur Berieselung sowie einem nachgeschalteten Tropfenabscheider.

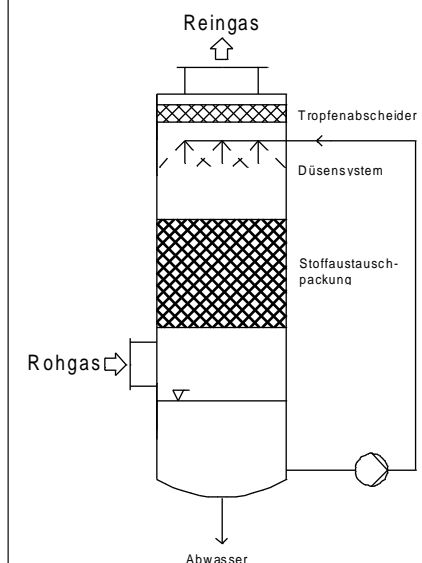


Abb.3 Schematischer Aufbau CALWIR-System als Packungskolonne im Gegenstromverfahren

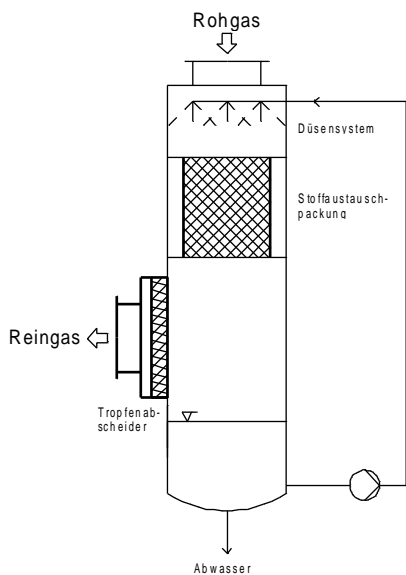


Abb.4 Schematischer Aufbau CALWIR-System als Packungskolonnen im Gleichstromverfahren

Durch die Wirbelbildung in der MULTIWIR-Stoffaustauschpackung (vgl. Abb.11) werden hohe Stoffübergangskoeffizienten erreicht. Daraus ergeben sich geringe Einbauhöhen und ein minimaler gaseitiger Druckverlust für die Stoffübertragung. In Verbindung mit den großen freien Querschnitten der Packung ist besonders bei Verwendung von feststoffhaltigen Flüssigkeiten bei Absorptionsprozessen (bspw. Kalkmilch bei der Absorption saurer Schadgase) ein verstopfungsfreier Betrieb gewährleistet. Parallel zur Absorption werden in der Stoffaustauschpackung und im nachgeschalteten MULTIWIR-Tropfenabscheider auch Feststoffe abgeschieden.

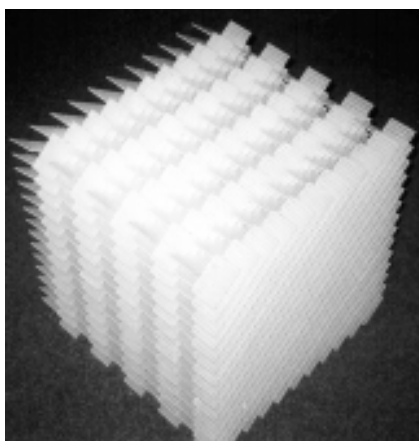


Abb.5 Stoffaustauschpackung MULTIWIR

Die regelmäßige Geometrie der MULTIWIR-Packungen erlaubt eine rechnerische Optimierung des Wäschers, da der Stoffübergang für jede Änderung der MULTIWIR-Geometrie mit einem Computermodell berechnet werden kann. Damit kann auf die zusätzliche experimentelle Bestimmung von Stoffübergangskoeffizienten sowie die vereinfachten Berechnungen über Druckverlust-Analogien verzichtet werden. Das CALWIR-System als Packungskolonnen kann als Gleich- oder Gegenstromvariante (vgl. Abb.3 und Abb.4) ausgeführt werden. In der Regel wird die Gleichstromvariante ausgeführt, da hierbei keine Flutungsgefahr der Packung besteht und dementsprechend mit höheren Berieselungsdichten und höherer Gasgeschwindigkeit gearbeitet werden kann. Dadurch ergeben sich kompaktere Apparateabmessungen und geringere Packungsvolumina. Das Gegenstromverfahren wird angewendet falls keine Rezirkulation des Absorptionsmittels erfolgt oder anlagenspezifische Gegebenheiten diese Anordnung erfordern. Ohne Absorptionsmittelumwälzung ergeben sich im Gegenstromverfahren durch den gegenläufigen Konzentrationsverlauf von Schadstoff und Absorptionsmittel höhere Abscheidegrade als im Gleichstromverfahren.



Abb.6 Tropfenabscheider MULTIWIR

Hochleistungswäscher mit Aerosolabscheidung

Der CALWIR-Hochleistungswäscher mit Aerosolabscheidung ist 2-stufig aufgebaut. Im unteren Teil des Wäschers wird Wasser oder eine Waschlösung mittels Einstoffdüsen umgewälzt. In einer MULTIWIR-Tropfenabscheiderpackung werden feststoffbeladene Tropfen und größere Partikel abgeschieden. Für die Abscheidung von gasförmigen Schadstoffen wird vor dem Tropfenabscheider eine Stoffaustauschpackung vorgesehen (Absorptionsstufe).

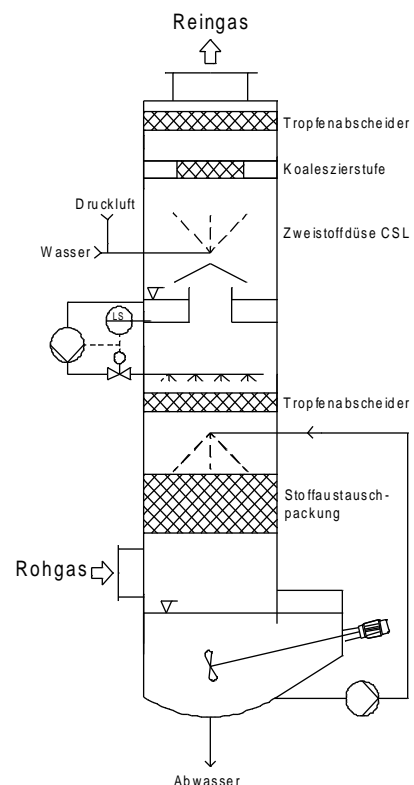


Abb.7 Schematischer Aufbau CALWIR-System mit Stoffaustauschpackung und Aerosolabscheidung

Nach der Tropfenabscheiderpackung wird in der 2-ten Stufe Frischwasser mittels CALDYN-Zweistoffdüsen im gesättigten Rauchgasstrom fein zerstäubt. Bei dem von CALDYN entwickelten Zerstäubungsprinzip werden Flüssigkeit und Druckluft bei relativ niedriger Geschwindigkeit in einer Mischkammer zusammengeführt und auf die Schallgeschwindigkeit des Zweiphasengemisches beschleunigt. Der hierdurch am Düsenaustritt erzeugte Drucksprung bewirkt bei der Expansion des Gemisches in die

Gasatmosphäre die Zerteilung der flüssigen Phase in feine Tropfen (vgl. Abb.8).

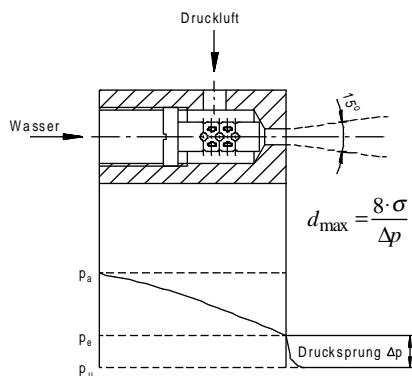


Abb.8 Funktionsweise CALDYN-Düsen CSL

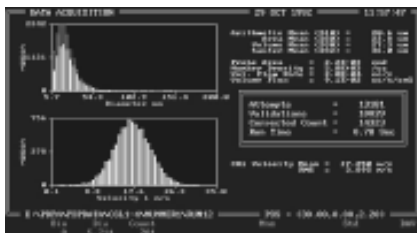


Abb.9 PDPA-Messung Tropfengrößen und Geschwindigkeitsverteilung



Abb.10 Sendeoptik Lasermessgerät

Da die charakteristische Schallgeschwindigkeit eines Flüssigkeits-Gas-Gemisches deutlich geringer ist als die Schallgeschwindigkeit der Gas- und Flüssigkeitsphase, ergeben sich in der Düse geringe Reibungs- und Beschleunigungsdruckverluste. Der für die Zerstäubung erforderliche Drucksprung am Düsenaustritt ist daher mit geringem Energieeinsatz erreichbar.

Durch die kontrollierte feine Zerstäubung in den gesättigten Rauchgasstrom entsteht eine mit Wasserdampf übersättigte Atmosphäre (vgl./3/). Die Aerosole dienen in der übersättigten Atmosphäre als Kondensationskeime und werden durch Wasserdampfkondensation auf etwa 1 µm vergrößert (vgl./3/). In der anschließenden MULTIWIR-Koaleszierstufe werden die vergrößerten Aerosole durch Trägheitskräfte in den gegenläufigen Wirbelströmen der Packung (vgl. Abb.11) nochmals vergrößert.

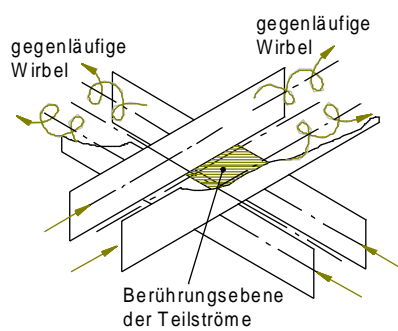


Abb.11 'Inverse vortex'-Effekt in der MULTIWIR-Packung

Im Gegensatz zu überfluteten Faserfiltern besteht bei der MULTIWIR-Koaleszierstufe keine Verstopfungsgefahr (vgl. Abb.12). Die flexible Geometrie der Packung ermöglicht darüberhinaus eine optimale Anpassung an die Problemstellung.

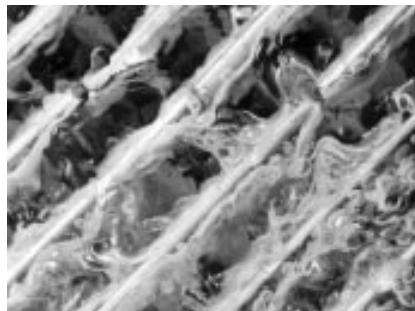


Abb.12 Koaleszierstufe MULTIWIR

Die vergrößerten Tropfen aus der Koaleszierstufe werden im nachgeschalteten Tropfenabscheider abgetrennt (vgl. Abb.13).

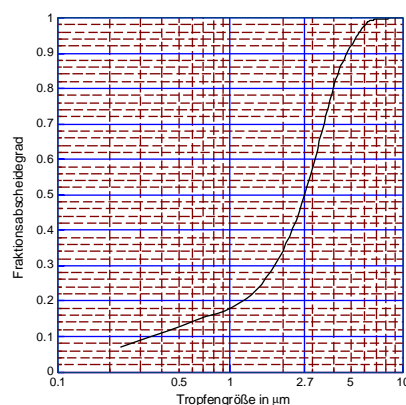


Abb.13 Trennkurve (Messung) einer MULTIWIR-Packung bei $\Delta p = 2,5 \text{ mbar}$

Durch die Aerosolabscheidung werden sowohl Feinstäube als auch Aerosole sicher abgeschieden. In herkömmlichen Systemen (bspw. Hochleistungsventuri und Faserfilter) wird häufig versucht durch Ver-

besserung der Trägheitsabscheidung Feinstaub und Aerosole abzuscheiden. Dies verursacht einen extrem hohen Druckverlust auf der Gasseite und führt oft nicht zum Erfolg, da der Auftreffgrad quadratisch mit dem Partikeldurchmesser und linear mit der Relativgeschwindigkeit zwischen Partikel und Tropfen bzw. Faser sinkt (vgl./3/). Partikeln unter 1 µm lassen sich daher nur sehr schwer und Partikeln unter 0,6 µm praktisch überhaupt nicht mehr durch Trägheitskräfte abscheiden. Beim CALDYN-System wird ein grundsätzlich anderer Weg beschritten. Die Aerosole werden hier zunächst durch Wasserdampfkondensation soweit vergrößert, daß mittels der nachfolgenden Trägheitsabscheidung eine effiziente Abscheidung möglich wird.

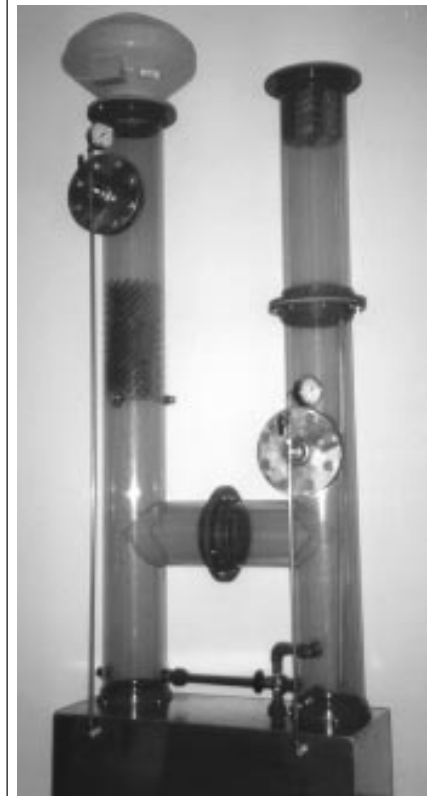


Abb.14 Funktionsmodell CALWIR-Wäscher mit Zerstäuberdüse, MULTIWIR-Koaleszierstufe und Tropfenabscheider

Ergänzende Informationen

- /1/ Technische Information CSL9801 (Zweistoffdüsen)
- /2/ Technische Information MW 9901 (MULTIWIR-System)
- /3/ Technische Information „Mit Wasserdampf zu sauberen Abgasen“ (Aerosolvergrößerung)

Hauptvorteile des CALDYN-Systems

- Effiziente Abscheidung von Aerosolen
- Geringer Energiebedarf
- Keine Verstopfungsgefahr der Packungen
- Hohe Flexibilität durch modularen Aufbau
- Erweiterung von vorhandenen Wäschern möglich
- Kleine Behälterabmessungen

Leistungen

Das CALDYN Leistungsspektrum umfaßt alle Leistungen von der Erstellung eines umfassenden Engineerings, Lieferung von Komponenten bis hin zur Lieferung der kompletten Anlage.

Referenzen

CALDYN hat u.a. an folgende Firmen Wäschersysteme geliefert:

BACT
BASF
BAYER
CIBA GEIGY
DSM
DÜRR
ENVIROMAX
FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE
GEA WIEGAND
GROSSKRAFTWERK MANNHEIM
HERAEUS
HÖECHST
KHD
KIMRE
KRUPP FORSCHUNGSINSTITUT ESSEN
KRUPP KOPPERS
HUGO PETERSEN
LAVALLIN
NUKEM
RECYMET
SEVAR
SULZER
SYMALIT
TAG
TURBOTAK
UNI KARLSRUHE
VAW
VOEST ALPINE
WACKER CHEMIE

CALDYN

Apparatebau GmbH

Nobelstraße 6
D-76275 Ettlingen
Tel. ++49-7243/5403-0
Fax ++49-7243/5403-99

E-mail: CALDYN@T-online.de / Internet: <http://www.CALDYN.de>