

Im Einsatz für negative Emissionen

Präzise Messungen ebnen Direct-Air-Capture-Technologien den Weg

Um das 1,5-Grad-Ziel des Pariser Klimaabkommens zu erreichen, muss Kohlendioxid auch direkt großtechnisch aus der Atmosphäre entfernt werden. Etliche Unternehmen weltweit arbeiten an solchen chemisch basierten Direct-Air-Capture-Technologien. Die richtige Messtechnik sorgt für Effizienz und Sicherheit der Prozesse – und unterstützt dabei, die Verfahren zur Erreichung ihrer Wirtschaftlichkeit möglichst zügig weiterzuentwickeln.

Soll weltweit Klimaneutralität bis 2050 erlangt und der globale Temperaturanstieg durch den Treibhauseffekt seit Beginn der Industrialisierung auf 1,5°C begrenzt werden, sind grundlegende Maßnahmen in allen Sektoren notwendig. Das Hauptaugenmerk der von fossilem Kohlenstoff abhängigen Industrien liegt dabei auf der Dekarbonisierung durch die Vermeidung oder das Reduzieren von

in der Getränkeindustrie genutzt (CCU – Carbon Capture and Utilization). 2022 waren laut der Internationalen Energieagentur (IEA) weltweit 18 kleinere DAC-Anlagen in Betrieb. Gerade befindet sich der DAC-Markt jedoch an der Schwelle zum großtechnischen Bereich: 2024 soll die erste Anlage mit einer Abscheidungskapazität von einer bis zu 1 Mio. t CO₂ jährlich in den USA starten.



Die Bedeutung des Drucks: Verfügbarkeit erhöhen

Beim S-DAC wird das Kohlendioxid an festen Aminen auf Filtern im Inneren der Kollektoren gebunden. Sind diese nach rund zwei bis drei Stunden gesättigt, werden die Kollektoren von der Umgebungsluft getrennt und der Regenerationszyklus beginnt. Der Differenzdruck steigt durch die zunehmende Sättigung der Filter, daher ist eine Überwachung dieses Prozesswertes von großer Bedeutung. Zu diesem Zweck kann eine Differenzdruckmesszelle wie der Endress+Hauser Deltabar verwendet werden. Diese Sensoren werden in vielen Anlagen weltweit eingesetzt. In anderen Anwendungen wird der Druck mit einer Druckmesszelle sowohl am Eingang als auch am Ausgang aller Kollektoren gemessen. Wenn der Differenzdruck einen bestimmten Wert überschreitet, startet die Desorptionsphase.

Die Bedeutung der Temperatur: Effizienz bestimmen

Viele Prozesse rund um DAC beinhalten Heizen und Kühlen. Hierfür ist die genaue Messung der Temperatur zur Überprüfung der Menge der weitergeleiteten Energie wichtig, um die Effizienz zu überwachen und Energiebilanzen zu erstellen. Bei S-DAC wird eine heiße Flüssigkeit auf Wasserbasis durch die Filter geleitet, um diese auf ca. 100°C zu erhitzen.

im Kollektor z.B. mit Kaliumhydroxid aus der Luft ausgewaschen. Die so entstandene Kaliumcarbonat-Lösung wird in einen Reaktor geleitet, in dem Pellets aus Calciumhydroxid mit ihr reagieren und festes, feuchtes Calciumcarbonat bilden. Im Zyklonvorwärmer entsteht durch Trocknung der Pellets Kalkstein, also trockenes Calciumcarbonat. Dieser wird in einen Kalzinierer überführt, dort auf rund 900°C erhitzt, wodurch Branntkalk entsteht und das eingefangene CO₂ wieder freigesetzt wird. Danach wird der Branntkalk (CaO) mit Wasser zur Reaktion gebracht, wobei wiederum Calciumhydroxid entsteht, das zurück zum Pellets-Reaktor für den neuen Zyklus gelangt. Für die vibrierenden Umgebungen der Kalzinier-Anlagen werden typischerweise Thermometer mit iTherm StrongSens-Technologie eingesetzt, selbst Stoß- und Schwingungsfestigkeit von >60 g können diesen nichts anhaben.

Die Bedeutung der Wasserqualität: Abschaltungen vermeiden

Das bei DAC-Prozessen genutzte Kühl- und Heizungswasser muss überwacht werden, um Probleme mit Korrosion und so kostspielige Abschaltungen der Anlagen zu vermeiden. Zu diesem Zweck werden Parameter wie pH-Wert, Leitfähigkeit und gelöster Sauerstoff überwacht. Bei flüssigkeitsbasierten Ansätzen ist die Überwachung des

eine Verfälschung der Messwerte durch Feuchtigkeit und Korrosion, sorgt für eine erhöhte Verfügbarkeit der Messstellen und damit störungsfreie Prozesse. Die zusätzlichen im Sensor gespeicherten Daten ebnen den Weg für vorausschauende Wartung und IloT-Services.

Die Bedeutung des Füllstandes: Vorräte verwalten

Der Füllstand spielt bei der Verwaltung des erzeugten CO₂ eine Rolle, das in der Regel in flüssiger Form gelagert wird. Hinzu kommt die

Viele Investoren und Nationen sehen Direct Air Capture als Zukunftsfeld im Kampf gegen den Klimawandel.

Bestandsüberwachung der in den L-DAC-Verfahren verwendeten Lösungen. Vibronik-Grenzschalter bieten eine zuverlässige Überfüllsicherung, für kontinuierliche Füllstände werden sowohl Differenzdrucksensoren als auch Radarmesstechnik verwendet.

Die Bedeutung des Durchflusses: Erfassung der CO₂-Menge

Die aus der Atmosphäre gewonnene CO₂-Menge ist der wichtigste Leistungsindikator von DAC-Anlagen. Für deren Erfassung gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten: Liegt das CO₂ vor der Abtrennung von Wasser als feuchtes Gas vor, werden Wirbelstrommessgeräte eingesetzt. Der Prowirl F 200 etwa verfügt über eine Druck- und Temperaturkompensation, um Massendurchfluss und Normvolumendurchfluss (z.B. in Nm³) zu erfassen. Liegt das CO₂ als trockenes Gas vor, werden häufig thermische Massedurchflussmessgeräte verwendet. Diese liefern direkt Massen- und Normvolumendurchflüsse. Für die Messung von flüssigem oder überkritischem CO₂

ist Coriolis die beste Technologie, welche den Massendurchfluss bzw. die Dichte mit hervorragender Genauigkeit misst. Die Dichte ist ein besonders nützlicher Parameter, da sie es ermöglicht, die Qualität des erzeugten CO₂ zu bestimmen. Die Verschleppung von unerwünschten Komponenten wie Wasser kann so leicht erkannt werden.

Fazit

Viele Investoren und Nationen sehen Direct Air Capture als Zukunftsfeld im Kampf gegen den Klimawandel. Seit 2020 haben Regierungen fast 4 Mrd. USD an Fördermitteln für DAC bereitgestellt; eines der führenden DAC-Start-ups hat jüngst eine halbe Milliarde Euro in einer Finanzierungsrunde eingesammelt. Bis zur Wirtschaftlichkeit der Technologie gibt es allerdings noch viele Herausforderungen zu lösen: Noch liegt der Preis pro abgeschiedener Tonne CO₂ laut Aussagen der führenden DAC-Unternehmen je nach Verfahren bei 125 bis 800 USD. Das rührt daher, dass die Konzentration

von Kohlendioxid in der Atmosphäre mit 0,04 Volumenprozent weitaus niedriger ist als in Punktquellen wie im Strom von Rauchgasen. Dadurch ist das Abscheiden entsprechend aufwändiger und energieintensiver. Schätzungen zufolge benötigen DAC-Technologien 1.400 bis 2.500 kWh an erneuerbarer Energie, um 1 t CO₂ aus der Atmosphäre zu gewinnen. Bis 2050 wollen die Unternehmen den Tonnen-Preis auf 41 bis 82 USD senken. Geschehen soll das durch den großskaligen Aufbau der Verfahren, durch Energieoptimierungen und weitere Prozessverbesserungen. Auch hier bilden hochpräzise Messungen die Basis: Sie helfen, die Prozesse besser zu verstehen und so die Wirkungsgrade der Anlagen zu erhöhen.

Christine Böhringer, freie Journalistin

Oliver Seifert, Head of Product Management Thermal Mass and Vortex Flowmeters, Endress+Hauser, Reinach

www.de.endress.com

Laut Weltklimarat lässt sich die Erderwärmung nur begrenzen, wenn der Atmosphäre dauerhaft CO₂ entzogen wird.

Emissionen mittels des Einsatzes von erneuerbaren Energien, grünem Wasserstoff, Effizienzsteigerungen und der Stärkung der Kreislaufwirtschaft. Allerdings wird das nicht genügen: Laut Weltklimarat lässt sich die Erderwärmung nur entsprechend begrenzen, wenn es zu negativen Emissionen kommt, also der Atmosphäre dauerhaft CO₂ entzogen wird. Ohne das Abscheiden und anschließende Speichern oder Nutzen des Gases sind die Klimaziele nicht erreichbar.

Direct Air Capture

Kohlendioxid ist auf diversen Wegen aus der Atmosphäre entfernbar. Zu den naturbasierten Lösungen gehören Aufforstung, Kohlenstoffbindung durch spezielle Landbewirtschaftung im Boden oder die Pyrolyse von Biomasse zu Biokohle, die dann als Bodenverbesserer wiederum in die Erde eingebracht wird. Da hierfür der Landverbrauch groß ist, entwickeln etliche Unternehmen aktuell neue technische Lösungen zur Abtrennung von CO₂ direkt aus der Umgebungsluft – sog. Direct-Air-Capture-Verfahren (DAC). Das auf diese Weise gewonnene hochreine CO₂ wird dann in geologischen Formationen eingelagert (Carbon Direct Removal) oder direkt als klimaneutraler Rohstoff zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe (SAF), von Chemikalien oder als Kohlenstoff

In der Regel bestehen die bislang eingesetzten Verfahren zur direkten Luft-Abscheidung von CO₂ aus zwei Hauptschritten:

- Zuerst wird die Umgebungsluft mittels Ventilatoren in Kollektoren gesaugt, in denen das CO₂ von den übrigen Luft-Komponenten separiert und chemisch an ein Trägermaterial gebunden wird (Capture). Bei Solid-Air-Capture-Verfahren (S-DAC) sind das feste Amine auf Filtern, flüssigkeitsbasierte Liquid-Air-Capture-Technologien (L-DAC) nutzen dazu Amin- oder Hydroxidlösungen (Alkalilaugen). Die restliche Luft wird wieder in die Umgebung entlassen.
- Danach wird das CO₂ im sog. Regenerationsschritt durch erhebliche Energiezufuhr in Form von Wärme vom jeweiligen Sorptionsmittel getrennt, so dass dieses für einen neuen Zyklus bereitsteht und das abgeschiedene Gas nachfolgend gelagert oder weiterverwendet werden kann.

Genaue Messungen sind nötig, um die auf chemischen Verfahren basierenden Prozesse sicher und effizient zu machen und ihren besonderen Herausforderungen zu begegnen. Endress+Hauser hat die Entwicklung dieser Verfahren von Anfang an begleitet und verfügt heute über ein breites Know-how in diesem Anwendungsbereich mit Tausenden von installierten Sensoren.

Genaue Messungen sind nötig, um die auf chemischen Verfahren basierenden Prozesse sicher und effizient zu machen.

Dadurch wird das CO₂-Gas freigesetzt. Dieses und die Feuchtigkeit werden abgesaugt, abgekühlt und der CO₂-Wasser-Trennung zugeführt. L-DAC-Verfahren arbeiten hingegen bei der Desorption mit weitaus höheren Temperaturen. Hier wird das CO₂

pH-Werts auch ein wichtiger Parameter, um die Menge des aus der Atmosphäre ausgewaschenen CO₂ zu bestimmen. Memosens-Sensoren digitalisieren den Messwert im Sensor und transferieren ihn kontaktlos zum Messumformer. Das verhindert



Energiemanagementsysteme für den Weg zur Klimaneutralität

Step-by-Step zum Klimamanagement

Die Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz (Denef) veröffentlicht in Kooperation mit GUTert und der Ökotec eine aktualisierte Version des Leitfadens „Vom Energie- zum Klimamanagement“ und unterstützt damit Unternehmen auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität. Sie ermöglicht so einen großen Schritt in Richtung einer klimaneutralen Industrie.

Mit dem kürzlich in Kraft getretenen Energieeffizienzgesetz (EnEFG) müssen Unternehmen mit einem Jahresverbrauch von mehr als 7,5 GWh verpflichtend ein Energiemanagementsystem einführen. „Energiemanagement hilft doppelt: Einmal akut beim Energiesparen. Außerdem ist der Weg zur Klimaneutralität für Unternehmen mit einem Energiemanagement deutlich vereinfacht. Die vorhandenen Mess- und Entscheidungsstrukturen müs-

sen nur leicht ergänzt werden“, sagt Tatjana Ruhl, Leiterin des Bereichs Dekarbonisierung der Industrie der Denef.

Nahezu 75% der weltweiten THG-Emissionen resultieren – direkt oder indirekt – aus dem Energieverbrauch. Weitergedachtes Energiemanagement ist ein wirksamer Hebel für mehr Klimaschutz. Laut Verband betreiben viele Unternehmen bereits ein Energiemanagementsystem, während viele andere aufgrund des Energieeffizienzgesetzes solch ein System neu einführen müssen. Darüber hinaus werden mit der Green Claims Directive und der kommenden ISO 14068 „Carbon Neutrality“ konkrete Anforderungen an die Ermittlung und Berichterstattung von Umweltaussagen definiert, die eine einheitliche Methodik voraussetzen. (vo)

Fünf Minuten **Kaffeepause...**

...und dabei den wöchentlichen Newsletter von CHEManager studieren. Effizienter und entspannter können sich Strategen und Entscheider der Chemiebranche nicht informieren!

Jetzt ganz einfach kostenlos registrieren: www.chemanager-online.com/newsletter



<https://bit.ly/3icWheF>

[CHEManager.com](https://www.chemanager.com)

CHEManager