

NDIR-Gasanalyse kontrolliert Gasmischeinrichtungen

NDIR-GASANALYSE – Gasmischer sind essenziell für industrielle und medizinische Anwendungen, da sie präzise Gasmische erzeugen. Sie kommen in Bereichen wie Metallbearbeitung, Medizintechnik und Lebensmittelverpackung zum Einsatz. Moderne Gasanalyse-Systeme wie INFRA.sens verbessern die Genauigkeit erheblich und sorgen für hohe Prozesssicherheit und Qualität.

Mischgase sind für viele Anwendungen im industriellen und medizinischen Bereich von großer Bedeutung. Dazu werden in der Regel Gasmischer eingesetzt, die diese Gaskonzentrationen c_n genau und bedarfsgerecht einstellen können. Gasmischer ermöglichen jederzeit die Nutzung des Prozessgases für eine perfekte Schutzatmosphäre in einer Lebensmittelverpackung oder das optimale Gemisch für Schweißen und Schneiden von Metallen. Weiterhin werden spezielle Gasmische auch im Laborbereich oder in der Anästhesie benötigt.

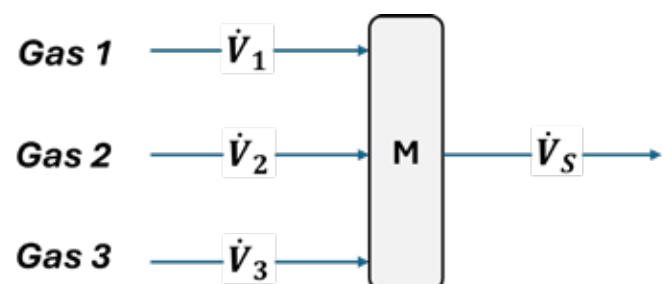
Gasmischer können zum Teil auch mobil an den Einsatzort transportiert werden und ermöglichen somit eine wirtschaftliche und flexible Nutzung von Prozessgasen.

Gasmischer werden in vielen Industrieprozessen eingesetzt:

- Metallbearbeitung
- Medizintechnik
- Heliumlecktest
- Lebensmittelindustrie
- Schutzgasverpackungen
- Glasbearbeitung
- Lasertechnik
- Tauch-Technologie

Funktionsweise eines Gasmischers

Gase werden in der Regel dynamisch mit unterschiedlichen Volumenströmen gemischt. Durch Variation der jeweiligen Volumenströme \dot{V}_n entstehen somit die gewünschten Gasmischungen, mit einer definiert vorgegebenen Konzentration c_n . Zur Erzeugung variablen Gasmischung sind mindestens zwei Gase erforderlich. In technischen Anwendungen können es aber auch nahezu beliebige Gaskomponenten sein, die zugemischt werden. In der Praxis sind drei Gasmischer die wohl am häufigsten eingesetzten Mischvorrichtungen. Da sich Gase sehr schnell miteinander vermischen ist kein aufwendiger Mischer M erforderlich. Im einfachsten Fall mischen sich die Gase in der anschließenden Rohrleitung oder einem sich anschließenden Puffervolumen.



Die Konzentrationen c_x der einzelnen Gase in der Gasmischung ergeben sich aus dem folgenden Zusammenhang:

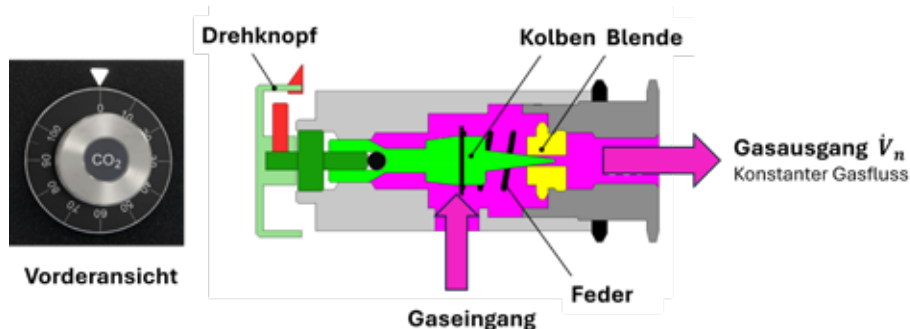
$$\dot{V}_S = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 + \dot{V}_3$$

$$c_x = 100 \text{ vol. \%} \cdot \frac{\dot{V}_x}{\dot{V}_S}$$

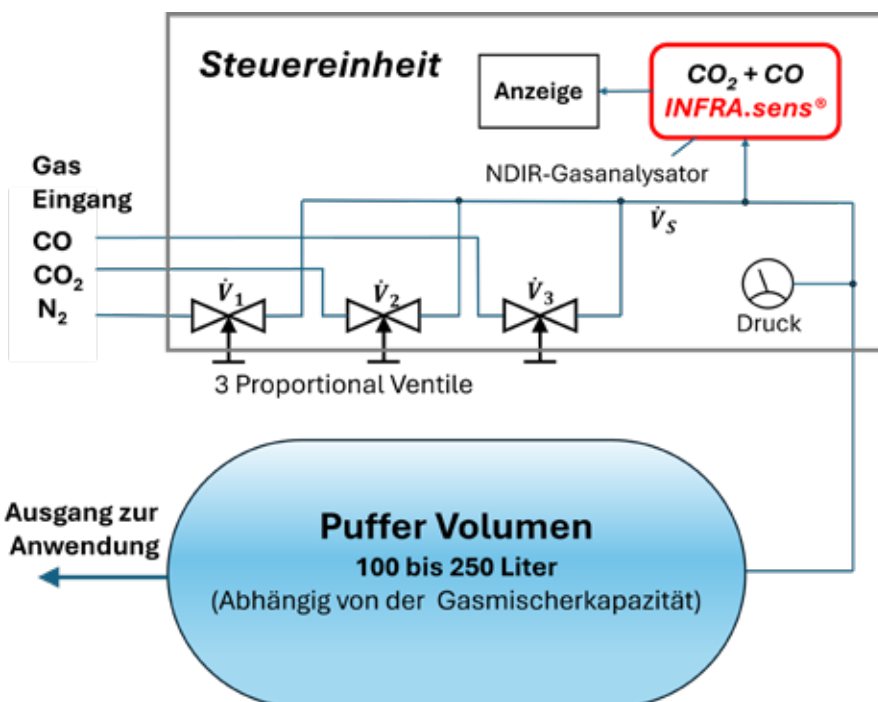
Die unterschiedlichen Volumenströme \dot{V}_x lassen sich im einfachsten Fall mit einem Proportionalventil einstellen. Die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit dieser Ventile sind limitiert. Die Einstellgenauigkeit wird daher mit $\pm 2 \%$ angegeben. Da für jedes Gas, das zugemischt werden soll, ein separates Ventil benötigt wird, ergibt sich die Genauigkeit der Gasmischung aus der Fehlerfortpflanzung der einzelnen Ventile und liegt dann bei $\pm 3,5 \%$.

Der schematische Gesamtaufbau ist in Bild 03 dargestellt. Die Regelventile sind parallelgeschaltet, so dass die Ausgänge in einem Gasweg zusammengeführt werden. Nach einer Mischphase in der Zuleitung gelangt das Gasgemisch in das Puffervolumen. Je nach Anwendung ist das Puffervolumen für eine Kapazität zwischen 100 und 250 Litern und verschiedenen Druckbereichen ausgelegt.

Auf dem Weg zu Puffervolumen findet dann die Gasanalyse mit dem INFRA.sens statt. Ein Teilstrom aus der Zuleitung wird dem Gasanalysator zugeführt, der in der Regel für geringe Durchflüsse von $< 1 \text{ L/Minute}$ ausgelegt ist. Die jeweils aktuelle Gaskonzentration c wird ohne signifikante Zeitverzögerung (t_{90} -Zeit $< 3 \text{ s}$) über ein integriertes Display angezeigt (Bild 04). Sollten Abweichungen bei der Analyse auftreten, kann der jeweilige Volumenstrom nachgeregelt werden, sodass der jeweils optimale Konzentrationswert justiert wird. Der so eingestellte Wert bleibt für den weiteren Prozessverlauf konstant. Die Nullpunkt-Stabilität des INFRA.sens kann mit dem ohnehin im Prozess vorhandenen Stickstoff (N_2) regelmäßig überprüft und ggf. nachjustiert werden. Eine Endpunktkontrolle sollte einmal pro Jahr mit einem entsprechenden Prüfgas durchgeführt werden.



02 Querschnittansicht eines Proportionalventils für die Anwendung in Gasmischern



03 Schematischer Aufbau einer Gasmischeinrichtung mit kontrollierter Zusammensetzung durch Einsatz eines INFRA.sens (NDIR-Gasanalysator)



Um die Genauigkeit der Gasmischung zu verbessern, wird eine kontinuierliche Messung der eingestellten Gaskonzentration c_n mit einem hochgenauen Gasmesssystem erforderlich. Für die meisten technischen Gase ist die NDIR-Gasmesstechnik am besten geeignet. Die Genauigkeitsklasse typischer Gassensoren liegt bei $\pm 2\%$, sodass durch deren Einsatz keine signifikanten Verbesserungen zu erwarten sind. Die Anforderungen an eine hochgenaue Gasanalyse liegt bei $\pm 1\%$ und kann nur durch den Einsatz von komplexen Auswertalgorithmen realisiert werden. Dazu sind aufwendige Kalibrier- und Kompensationsprozesse erforderlich.

Gasanalyse

Die Messung der zu überwachenden Gaskonzentration erfolgt mit den bewährten INFRA.sens Modul. Mit dieser Sensortechnologie lassen sich über 20 Gase mit einer hohen Präzision und niedriger Nachweisgrenze erfassen.

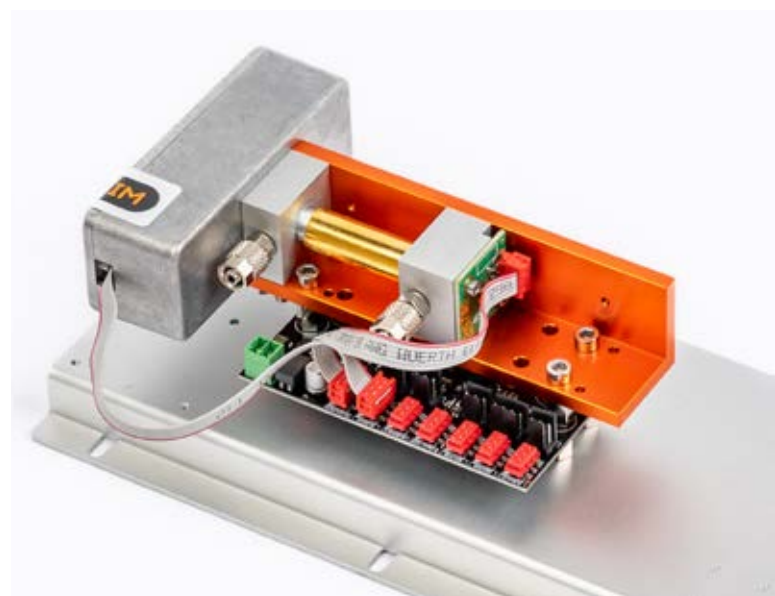
Für den Einsatz in der Lebensmittelindustrie (Verpackungen) werden hauptsächlich CO und CO₂ Gasgemische in N₂ eingesetzt. Da die Konzentrationen Werte von über 50 Vol.-% erreichen können, müssen die jeweiligen Messbereiche für den Bereich von 0 bis 100 Vol.-% ausgelegt werden. Beide Gaskonzentrationen c_x (CO₂) und c_y (CO) werden mit dem NDIR-Verfahren ermittelt. Der INFRA.sens hat dazu einen Mehrkanal-Detektor im Einsatz, mit dem beide Gase (CO und CO₂) simultan in einer Messküvette erfasst werden können. Insgesamt können mit dem INFRA.sens bis zu drei unterschiedliche Gase in einem Aufbau erfasst werden. Dies hat den Vorteil, dass die verschiedenen Gaskonzentrationen absolut zeitgleich gemessen werden. Bei hintereinander geschalteten Gassensoren käme es unweigerlich zu einem Zeitversatz, der

insbesondere bei geringen Gasdurchflüssen einen erheblichen Fehler hervorruft (¹⁾ *Nichtdispersive Infrarot*).

Der INFRA.sens hat eine sehr hohe Messgenauigkeit von $< 1\%$. Um diese Eigenschaft erreichen zu können, werden sämtliche Messfehler elektronisch kompensiert. Dies sind insbesondere:

- Temperaturkompensation zwischen 5 und 45 °C
- Luftdruckkompensation zwischen 600 und 1 200 hPa
- Trägergasabhängigkeit zwischen c_x (CO₂) und c_y (CO)
- Hohe Langzeitstabilität (= geringe Driftrate) durch eine spektrale Referenzmessung

Die zur Kompensation erforderlichen Temperatur- und Druckmesswerte werden mit einem Mikrosensor direkt in der Analysenküvette erfasst. Dadurch erhält man die exakten physikalischen Daten des zu messenden Gases und verbessert dadurch auch die Qualität der elektronischen Kompensation.



Die Datenkommunikation erfolgt über eine RS232 Schnittstelle. Weiterhin sind eine USB-Schnittstelle, ein CAN-Interface und ein Modbus Protokoll verfügbar. Das Modul wird über einen 24-VDC-Anschluss versorgt, wobei die elektrische Leistungsaufnahme $P < 2$ Watt beträgt.

Beispiel: Verpacken unter Schutzatmosphäre von Hack oder rotem Fleisch

Grundsätzlich dienen MAP²-Verpackungen der längeren Haltbarkeit der verpackten Lebensmittel. Dazu wird die Umgebungsluft/Sauerstoff durch ein Gemisch von CO₂ und N₂ ersetzt. In der Tabelle sind die optimalen Gaskonzentration für unterschiedliche Lebensmittel aufgelistet (²Modified Atmosphere Packaging).

Bei rotem Fleisch kommt eine weitere Funktion dazu. Hier soll durch die Schutzatmosphäre auch der rote Farbstoff des Produkts möglichst erhalten bleiben. Die Konsumenten bevorzugen diese Optik, da damit häufig ein qualitativ hochwertigeres („frischeres“) Produkt verbunden wird. Dazu wird dem Gasgemisch ein kleiner Anteil von CO beigefügt. Typische Zusammensetzung ist 60-70 % CO₂, 0,4 % CO, Rest N₂. Der Mischer erzeugt mit drei mechanischen Mischventilen ein Gemisch und leitet dies in den Pufferbehälter. Von dort entnimmt die Verpackungsmaschine taktend das Gasgemisch und leitet es in die Verpackung, bevor diese versiegelt wird. Die integrierte Gasanalyse mit CO/CO₂-Sensorik kontrolliert permanent die korrekte Zusammensetzung des Gemisches im Behälter. Bei Verletzung der Grenzwerte wird

Produkt	O ₂	CO ₂	N ₂
Rohes rotes Fleisch	70	20-30	0-10
Rohe Innereien	80	20	0
Rohes Geflügel mit Haut	0	30	70
Rohes Geflügel ohne Haut	70	20-30	0-10
Gekochtes Fleisch und Wurstwaren	0	20-30	70-80
Hartkäse	0	30-100	0-70
Weichkäse	0	10-40	60-90
Käse, geschnitten	0	30-40	60-70
Frischkäse	0	100	0
Joghurt	0	0-30	70-100
Milchpulver	0	0-20	80-100
Roher fettarmer Fisch	20-30	40-60	20-40
Roher fettreicher Fisch	0	40	60
Schalen- und Krustentiere	30	40	30
Gekochter/geräucherter Fisch	0	30-60	40-70
Aufbackbrote/-brötchen	0	50-100	0-50
Kuchen, Gebäck	0	50	50
Obst	3-10	3-10	80-90
Gemüse	0	30	70
Fertiggerichte	0	30-60	40-70
Pasta/Pizza	0	30-60	40-70
Sandwiches	0	30	70

Tabelle: Beispiele aus der EU für optimale Gasgemische in vol.%

ein Alarm ausgelöst. So ist hohe Prozesssicherheit und eine gleichbleibend hohe Qualität der MAP-Verpackung gewährleistet. Für hochwertige und einwandfreie Lebensmittel.

Zusammenfassung

Gasmischeinrichtungen lassen sich durch den Einsatz der NDIR-Gasanalyse (INFRA.sens), hinsichtlich der Genauigkeit des Gasgemisches, um den Faktor 3-4 verbessern. Der Einsatz dieser Sensortechnologie wird daher empfohlen. Die Kosten für diesen Aufwand sind vertretbar und können aber die Qualitätskontrolle erheblich verbessern. Insbesondere der flexible Einsatz der INFRA.sens Technologie für unterschiedliche Gase eröffnet neuartige Applikationen, die mit der bisherigen Sensortechnik nicht realisierbar waren.

Autor: Dr. Gerhard Wiegleb ist Geschäftsführer der Wi.Tec-Sensorik GmbH in Wesel

Bilder/Tabelle: Wi.Tec-Sensorik GmbH

www.witec-sensorik.com

05 INFRA.sens Gasmessmodul zur simultanen Analyse von Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂) mit einer vergoldeten Analysenküvette (AK50mm)