

# Analyse von bei der CO<sub>2</sub>-Reduktion entstehenden Gasprodukten mit dem Agilent 990 Micro GC-System

## Autor

Fei Jiang  
Agilent Technologies, Inc.

## Zusammenfassung

Diese Application Note beschreibt die Anwendung des Agilent Micro 990 GC-Systems für die Analyse von bei der CO<sub>2</sub>-Reduktion entstehenden Gasprodukten, die zur Beurteilung der Katalysator- oder Prozesssteuerung bei der CO<sub>2</sub>-Reduktion nützlich sein kann. Zur Analyse der CO<sub>2</sub>-Reduktionsprodukte Wasserstoff (H<sub>2</sub>), Kohlenstoffmonoxid (CO), Methan (CH<sub>4</sub>), Ethan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) und Ethen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) wurden zwei Kanäle verwendet: Agilent CP-MolSieve 5Å und PoraPLOT U.

## Einleitung

Seit über einem Jahrhundert sind Kohle und Öl die wichtigsten Energiequellen für menschliche Aktivitäten. Aufgrund der übermäßigen Nutzung dieser Energiequellen hat die Konzentration von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) in der Atmosphäre dramatisch zugenommen. Dabei ist die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre von ca. 280 ppm im Jahr 1750 auf derzeit ungefähr 385 ppm angestiegen und es wird vorhergesagt, dass sie im Jahr 2050 ca. 500 ppm erreichen wird. Dieser Anstieg hat weltweit zu einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur geführt und bedroht somit alles Leben auf dem Planeten. Die Umwandlung von CO<sub>2</sub> in andere nützliche Kohlenstoffverbindungen und die Schaffung eines nachhaltigen Recyclingsystems ist ein möglicher Weg, um die klimatischen Gefahren der zunehmenden CO<sub>2</sub>-Konzentration zu reduzieren.

Eine ideale Lösung ist die Umwandlung von atmosphärischem CO<sub>2</sub> unter Verwendung erneuerbarer Energie in kleine organische Moleküle mit einer besseren Energiedichte, wie z. B. Kohlenstoffmonoxid, Methan, Ethan, Ethen, Ameisensäure und Methanol. Eine solche Strategie kann nicht nur die Anreicherung von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre verringern, sondern auch zur Produktion von Brennstoffen und nützlichen Industriechemikalien eingesetzt werden und somit unsere Abhängigkeit von konventionellen fossilen Ressourcen verringern. Zu diesem Zweck wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedene Ansätze zur CO<sub>2</sub>-Reduktion vorgeschlagen und intensiv erforscht, darunter elektrochemische, photochemische, biochemische und thermochemische Methoden.

Während des CO<sub>2</sub>-Reduktionsprozesses sollte die Konzentration der CO<sub>2</sub>-Reduktionsprodukte überwacht werden. Die üblichen Gasprodukte der CO<sub>2</sub>-Reduktion sind H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> und C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> im verbliebenen CO<sub>2</sub>. Das 990 Micro GC-System ermöglicht eine schnelle und genaue Messung von CO<sub>2</sub>-Reduktionsprodukten, was die Effizienz der Forschung zur CO<sub>2</sub>-Reduktion verbessert.

## Experimentelles

**Kanal 1:** Ein Backflush-Kanal mit 5 m Vorsäule und 10 m Agilent CP-MolSieve 5Å, mit der optionalen Retentionszeitstabilitäts-Konfiguration (RTS) für die Analyse von H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und CO. Die Backflush-Option und RTS werden verwendet, um die MolSieve 5Å-Säule vor Feuchtigkeit, CO<sub>2</sub> und anderen Verunreinigungen zu schützen. Dies ist für die langfristige RT-Reproduzierbarkeit und Säulenleistung der MolSieve 5Å-Säule von Vorteil.

**Kanal 2:** Ein direkter Kanal mit 10 m Agilent CP-PoraPLOT U-Säule für die Analyse von CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> und C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>.

**Tabelle 1.** Analytische Methode zur Probenanalyse.

Kanaltyp	5 m Vorsäule und 10 m Agilent CP-Molsieve 5Å-Säule, RTS, Backflush	10 m Agilent CP-PoraPLOT U-Säule, direkt
Trägergas	He	He
Injektortemperatur	60 °C	50 °C
Säulentemperatur	60 °C	40 °C
Säulendruck	180 kPa	100 kPa
Injektionszeit	100 ms	20 ms

**Tabelle 2.** Zusammensetzung des Gasstandards.

Komponenten	Konzentration (ppm)
Wasserstoff	98,7
Methan	99,7
Kohlenstoffmonoxid	491,9
Kohlenstoffdioxid	Ausgleichvolumen zu 100 %
Ethylen	49,6
Ethan	50,0

Wie aus Abbildung 1 ersichtlich, ermöglicht der Backflush-Kanal mit 10 m CP-MolSieve 5Å RTS-Säule eine gute Trennung von H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und CO innerhalb von 2,5 Minuten. Abbildung 2 zeigt die effiziente Trennung von CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> und C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, die innerhalb von 2 Minuten in einem direkten Kanal mit 10 m CP-PoraPLOT U-Säule durchgeführt wurde. Aufgrund der hohen Konzentration von CO<sub>2</sub> als Ausgleichsgas im Standardgas, nutzt der RTS-Backflush-Kanal mit 10 m CP-MolSieve 5Å eine 5 m lange Vorsäule zum Rückspülen des CO<sub>2</sub>-Ausgleichsgases. Dadurch wird eine gute Trennung von CO<sub>2</sub> und den leichten Komponenten in der Vorsäule erreicht und gewährleistet, dass CO<sub>2</sub> vollständig rückgespült wird. Als Säulentemperatur wird 60 °C gewählt.

Die Wiederholbarkeit von 10 Probenläufen ist in Tabelle 3 dargestellt. Die relative Standardabweichung der Retentionszeit beträgt für alle Komponenten weniger als 1 % und die prozentuale Flächen-Standardabweichung liegt mit dem Kanal mit 10 m CP-MolSieve 5Å-Säule unter 3 %.

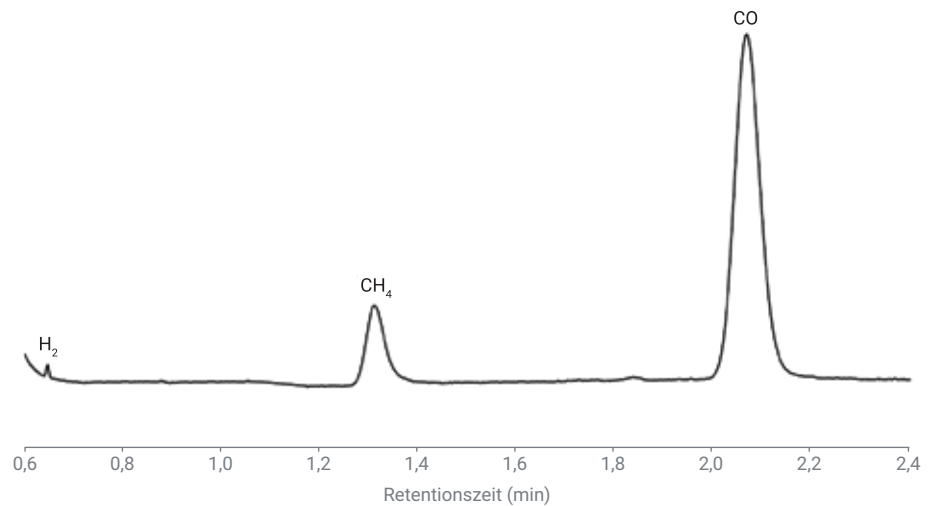


Abbildung 1. Chromatogramm von H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und CO mit dem Kanal mit 10 m Agilent CP-MolSieve 5Å.

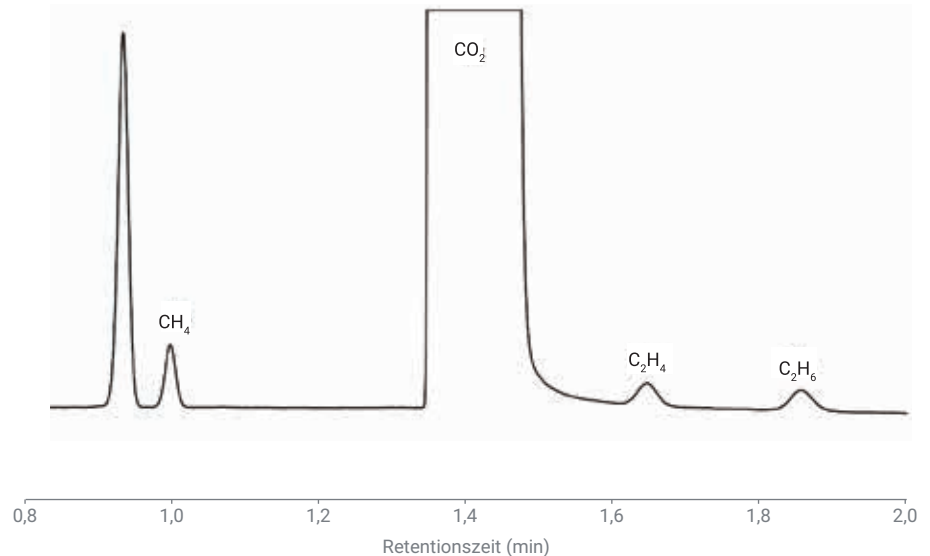


Abbildung 2. Chromatogramm von CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> und C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> mit dem Kanal mit 10 m Agilent CP-PoraPLOT U.

Tabelle 3. Wiederholbarkeit der RT und der Fläche von 10 Läufen mit der Gasstandards.

Verbindungen	RT (min)	RT RSD%	Fläche (mV × s)	Fläche RSD%
Wasserstoff	0,643	0,07	0,003	2,33
Methan	0,988	0,00	0,084	2,10
Kohlenstoffmonoxid	1,845	0,87	0,970	0,71
Kohlenstoffdioxid	1,342	0,04	1120,3	0,23
Ethylen	1,628	0,03	0,053	1,78
Ethan	1,834	0,04	0,062	2,33

## Schlussfolgerungen

Diese Studie veranschaulicht die Anwendung des 990 Micro GC-Systems für die Analyse von bei der CO<sub>2</sub>-Reduktion entstehenden Gasprodukten, die zur Leistungsbewertung des Katalysators oder der Prozesssteuerung bei der CO<sub>2</sub>-Reduktion eingesetzt werden kann. Die Präzision der Quantifizierung wurde in 10 aufeinanderfolgenden Analysen von Kalibrierungsstandardgas evaluiert. Dabei wurde eine RT-Wiederholbarkeit von weniger als 1 % und eine Flächen-Wiederholbarkeit von weniger als 3 % erreicht, was eine ausgezeichnete Geräteleistung für eine zuverlässige Qualifizierung und Quantifizierung von Gasprodukten der CO<sub>2</sub>-Reduktion belegt.

## Literatur

1. van Loon, R. Permanent Gas Analysis – Separation of Helium, Neon and Hydrogen a MolSieve 5A column using the Agilent 490 Micro GC. Agilent Technologies Application Note, Publikationsnummer 5990-8527EN, **2011**.
2. van Loon, R. C1 – C3 Hydrocarbon Analysis Using the Agilent 490 Micro GC – Separation Characteristics for PoraPLOT U and PoraPLOT Q Column Channels. Agilent Technologies Application Note, Publikationsnummer 5990-9165EN, **2011**.

[www.agilent.com/chem](http://www.agilent.com/chem)

DE.6147569444

Änderungen vorbehalten.

© Agilent Technologies, Inc. 2020  
Gedruckt in den USA, 24. August 2020  
5994-2320DEE