

# STRÖMUNGSREAKTOR-KONZEPTE

LÖSUNGEN FÜR DIE WICHTIGSTEN INDUSTRIEVERFAHREN

[micromeritics.com/FR](http://micromeritics.com/FR)



# FISCHER-TROPSCH

## KONFIGURATION DES KONTINUIERLICHEN STRÖMUNGSREAKTORS

### Standardkonfiguration

- **L/L/G-Abscheider** zur Trennung der organischen und wässrigen Phasen für die kontinuierliche Produktanalyse.
- **Wachsfalle** am Reaktorausgang zur Vorbeugung von Verstopfungen.
- **Beheizte Leitungen und Kammer** für stabile und reproduzierbare Reaktionsbedingungen.



Strömungsreaktorsystem

### Empfohlene Optionen

- **Integrierte Flüssigkeits- und Gasauslassmessungen** zur Bestimmung der Massenbilanz und der Reaktionsausbeute.
- **Autosampler** zur Untersuchung des flüssigen Produkts in benutzerdefinierten Mengen.
- **Automatisches Bypass-Ventil** ermöglicht die Analyse des gesamten Produktstroms.
- **Integration von Analyse-Software** zur Optimierung von Kinetik, Selektivität und Ausbeute.
- **Eigenständiges Doppelreaktor-Modell (FR 200)** zur Verdoppelung des Durchsatzes erhältlich.



L/L/G-Abscheider



Wachsfalle



Beheizte Leitungen und Reaktionsraum



Integrierte Flüssigkeits-/ Gasauslassmessungen



Autosampler



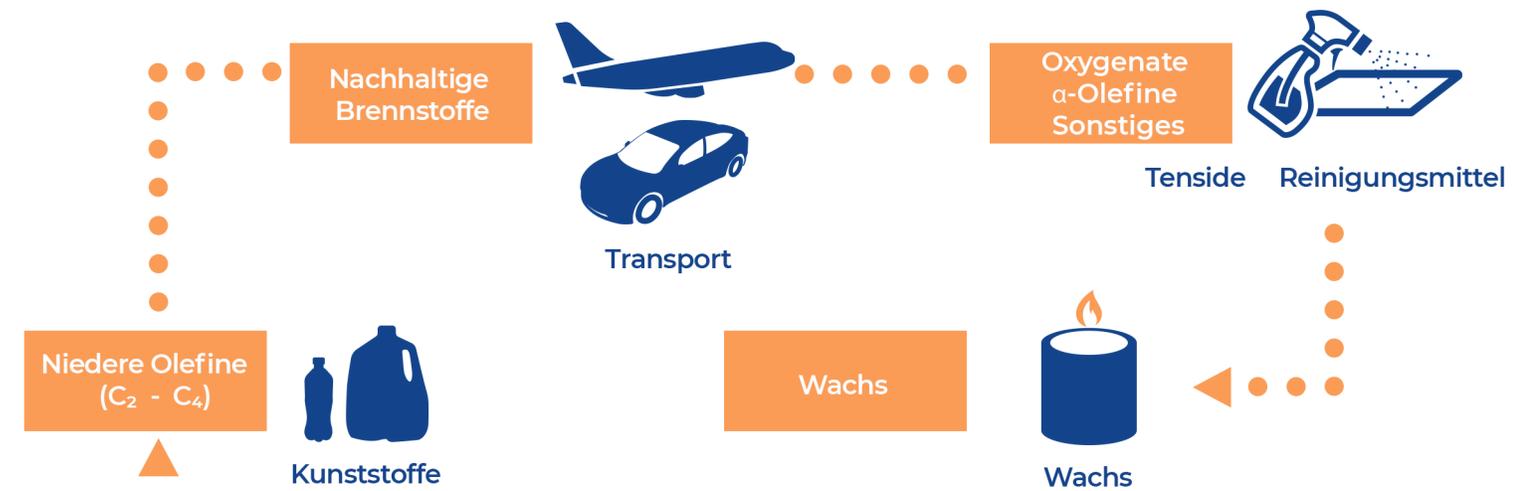
Automatisches Bypass-Ventil



Integration von Analyse-Software

# FISCHER-TROPSCH-SYNTHESE

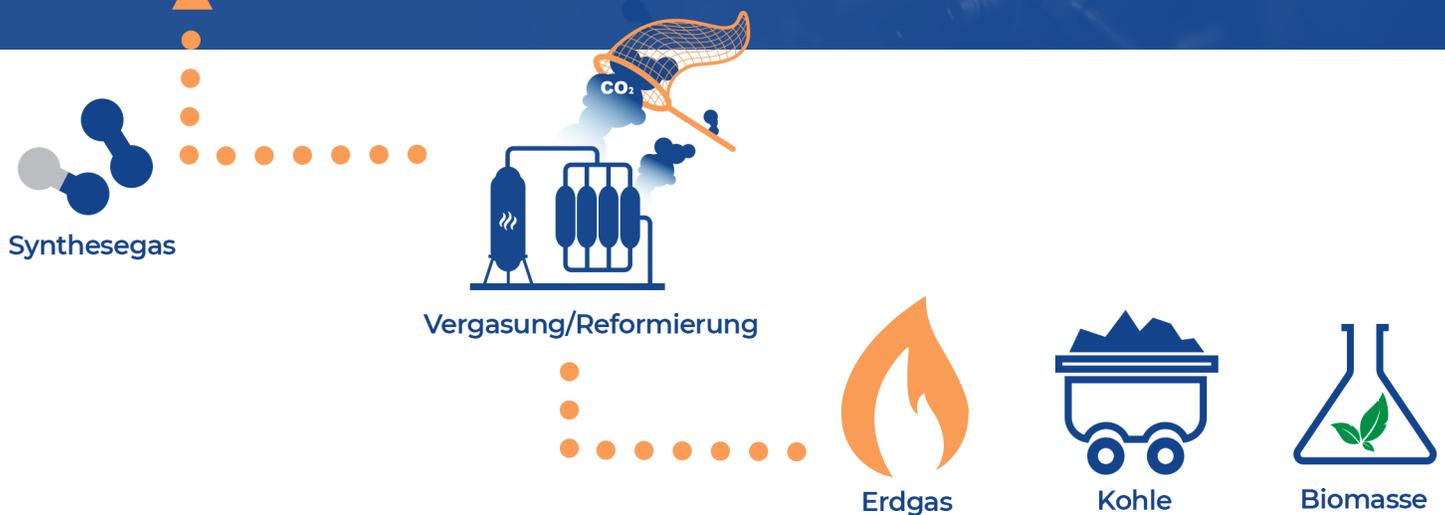
## Flüssige Kohlenwasserstoffe und Wachs



Flüssige Brennstoffe und andere Chemierzeugnisse können durch das bekannte katalytische chemische Verfahren der **Fischer-Tropsch-Synthese (FT)** aus Synthesegas hergestellt werden.



FISCHER-TROPSCH-SYNTHESE



# AMMONIAK SYNTHESE/ZERSETZUNG

FLEXIBLE REAKTORPLATTFORM

## Standardkonfiguration

- **Gaseinlässe** für  $N_2$ ,  $H_2$ , und Inertgas sind Standard.
- **Hochauflösende Druckregelung** mit patentiertem Ventil bis zu 100 (+/-0,1) bar.
- **Beheizte Leitungen und Reaktionsraum** zur Vermeidung der Kondensation von Ammoniak.
- **Integration von Analyse-Software** zur Optimierung von Kinetik, Selektivität und Ausbeute.



Strömungsreaktor (FR-100)

## Empfohlene Optionen

- **Sicherheitsgassensoren** zur Erkennung von  $H_2$ - und  $NH_3$ -Lecks, integriert in das Sicherheitssystem.
- **Hochdruck-Dosiersystem** für die Zufuhr von verflüssigtem  $NH_3$ -Gas zur Untersuchung von dessen Zersetzung zur Erzeugung von  $H_2$ .
- **Materialmodifikationen** für anspruchsvolle Arbeitsbedingungen sind erhältlich.



Gaseinlässe



Hochauflösende Druckregelung



Hochdruck-Dosiersystem



Beheizte Leitungen und Reaktionsraum



Integration von Analyse-Software



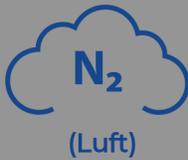
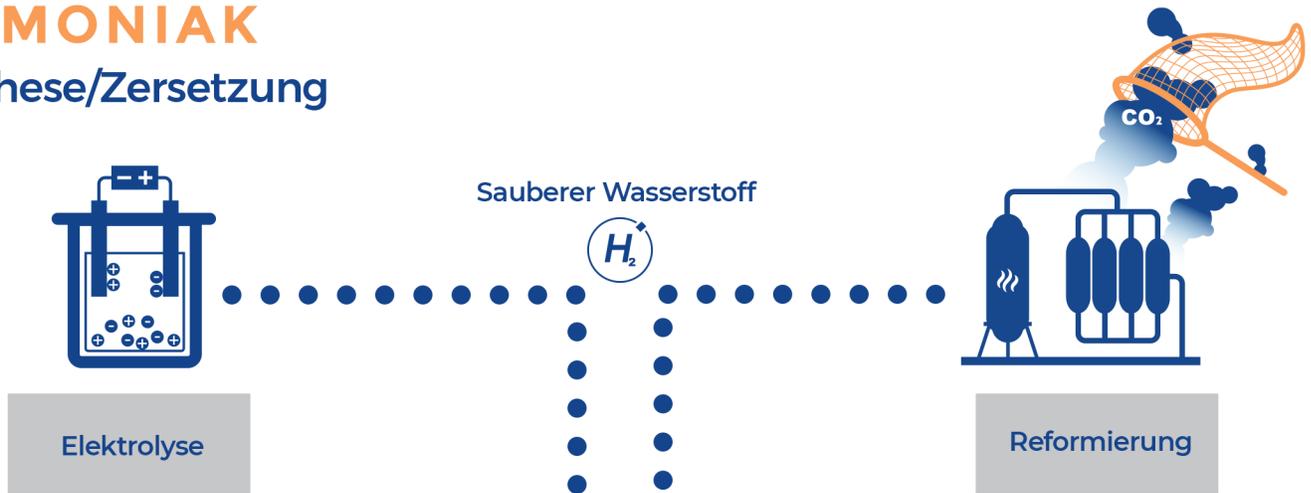
Sicherheitsgassensoren



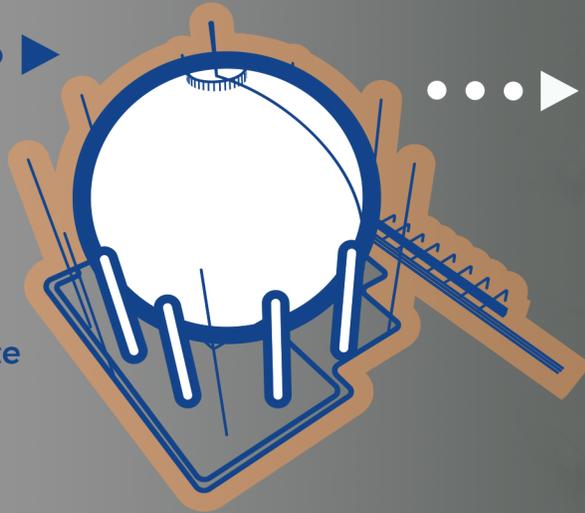
Materialmodifikationen für den Reaktor

# AMMONIAK

## Synthese/Zersetzung



Das **Haber-Bosch**-Verfahren dient der künstlichen Stickstofffixierung und ist heute das wichtigste industrielle Verfahren zur Herstellung von Ammoniak.



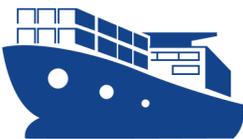
Sauberes Ammoniak



NH<sub>3</sub>-Lagerung



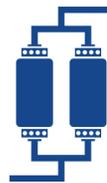
Düngemittel



Schiffskraftstoff



Chemische Vorstufen



Ammoniakzersetzung



Wasserstoff



Brennstoffzellen  
und andere  
Anwendungen

# SYNTHESE VON METHANOL (UND HÖHEREN ALKOHOLEN)

ANPASSBARE STRÖMUNGSREAKTORKONZEPTE

## Standardkonfiguration

- **Gaseinlässe** für Reaktanden (CO, CO<sub>2</sub>, und H<sub>2</sub>) sowie Inertgas sind Standard.
- **Patentierter L/G-Abscheider** mit geringem Totvolumen für präzise Untersuchungen von Katalysatoraktivität und Reaktionskinetik.
- **Hochauflösende Druckregelung** bis zu 100 (+/-0,1) bar



**Strömungsreaktor (FR-100),  
Innenansicht**

## Empfohlene Optionen

- **Wachsfalle** obligatorisch für die Synthese höherer Alkohole oder wenn Verbindungen mit hohem MG erwartet werden.
- **Sicherheitsgassensoren** zur Erkennung von H<sub>2</sub>-Lecks, integriert in das Sicherheitssystem.
- **Coriolis-Massendurchflussregler** für CO<sub>2</sub>-Zufuhr von 30–50 bar oder **Hochdruck**-Optionen für CO<sub>2</sub>-Dosierung bis zu 200 bar.
- **Materialmodifikationen** für anspruchsvolle Arbeitsbedingungen sind erhältlich.
- **Integrierte Mengenbestimmung der Flüssigphase** zur Bestimmung der Massenbilanz und der Ausbeute.



Gaseinlässe



L/G-Abscheider



Hochauflösende  
Druckregelung



Wachsfalle



Sicherheitsgassensoren



Coriolis-  
Massendurchflussregler



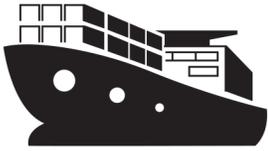
Materialmodifikationen  
für den Reaktor



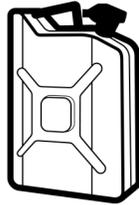
Integrierte  
Flüssigkeitsauslassmessungen

# METHANOLSYNTHESE

und höhere Alkohole



Schiffskraftstoff



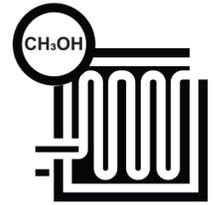
BioDiesel



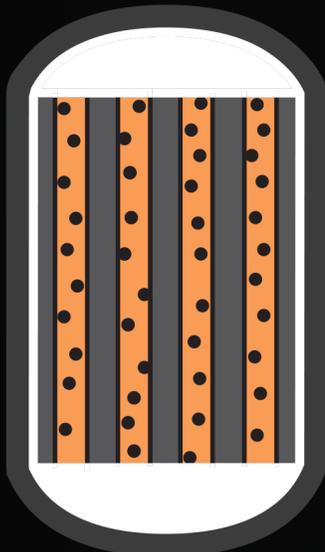
Kunststoffe



Pharmazeutische Erzeugnisse



Brennstoffzellen



Eine Methode zur Herstellung von Methanol besteht in der Zugabe von Kohlendioxid zu Wasserstoff.



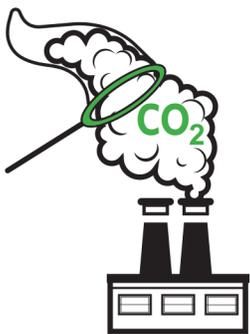
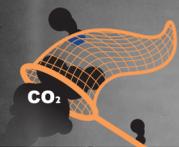
METHANOLSYNTHESE



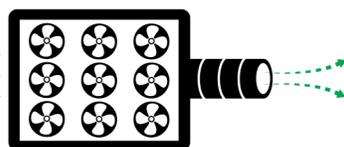
Kohlendioxid



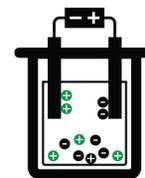
Sauberer Wasserstoff



Industrielle Kohlenstoffabscheidung



Direct Air Capture



Grüne Elektrolyse



Dampfreformierung



Biomasse

# DAMPF-/TROCKENREFORMIERUNG

VARIATIONEN DES KONTINUIERLICHEN STRÖMUNGSREAKTORS

## Standardkonfiguration

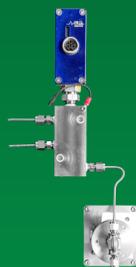
- **Gaseinlässe** für Reaktanden ( $\text{CH}_4$  und  $\text{CO}$ ) sowie Inertgas sind Standard.
- **Patentierter L/G-Abscheider** mit geringem Totvolumen für präzise Untersuchungen von Katalysatoraktivität und Reaktionskinetik.
- **Flüssigkeits-HPLC-Pumpe** mit integriertem Massendurchflussmesser zur präzisen, stabilen Steuerung der Wasserzufuhr sowie einem **Flüssigkeitsverdampfer** zur Dampferzeugung.
- **Materialmodifikationen** für anspruchsvolle Arbeitsbedingungen sind erhältlich.



**Strömungsreaktor (FR-200),  
Innenansicht**

## Empfohlene Optionen

- **Sicherheitsgassensoren** zur Erkennung von  $\text{H}_2$ - und  $\text{CO}$ -Lecks, integriert in das Sicherheitssystem.
- **Zusätzliche Gaseinlässe** für  $\text{CO}_2$  zur Trockenreformierung, Luft/ $\text{O}_2$  zur Katalysatorregeneration oder  $\text{H}_2$ .
- **Integrierte Gasauslassmessungen** zur Bestimmung der Massenbilanz und der Reaktionsausbeute.



L/G-Abscheider



Flüssigkeits-HPLC-Pumpe



Flüssigkeitsverdampfer



Materialmodifikationen für den Reaktor



Integrierte Flüssigkeits-/Gasauslassmessungen



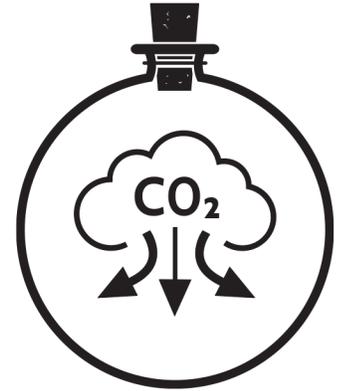
Sicherheitsgassensoren

# REFORMIERUNG

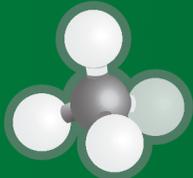
## Dampf- und Trockenreformierung



Erdgas



CO<sub>2</sub>-Abscheidung



Methan

CO<sub>2</sub>

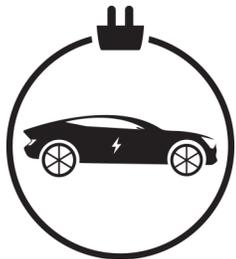
Die Methandampfreformierung (Steam Methane Reforming, SMR) ist ein Verfahren, bei dem Erdgas mit Dampf erhitzt wird. Dabei entsteht ein Gemisch aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff, das in der organischen Synthese verwendet wird.



H<sub>2</sub>-PRODUKTION



Sauberer Wasserstoff



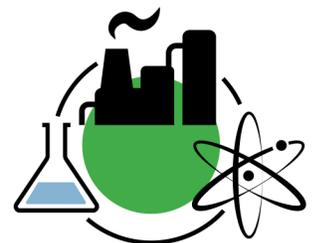
Brennstoffzellen-Elektrofahrzeug



Nachhaltige Flugzeugtreibstoffe



Ammoniak/  
Düngemittel



Chemische Prozesse

# SABATIER-PROZESS

MODULARE MÖGLICHKEITEN DES STRÖMUNGSREAKTORS

## Standardkonfiguration

- **Patentierter L/G-Abscheider** für die effiziente Trennung und Rückgewinnung von Flüssigkeitsströmen (H<sub>2</sub>O).
- **Gaseinlässe** für Reaktanden (CO<sub>2</sub> & H<sub>2</sub>) sowie Inertgas sind Standard.
- **Hochauflösende Druckregelung** bis zu 100 (+/-0,1) bar



Strömungsreaktorsystem

## Empfohlene Optionen

- **Sicherheitsgassensoren** im Inneren der Thermostatkammer zur Erkennung von H<sub>2</sub>-Lecks, integriert in das Sicherheitssystem.
- **Materialmodifikationen sind erhältlich** ist erhältlich, wie z. B. ein Quarzreaktor für Untersuchungen bei Umgebungsdruck und hohen Temperaturen.



L/G-Abscheider



Gaseinlässe



Hochauflösende Druckregelung



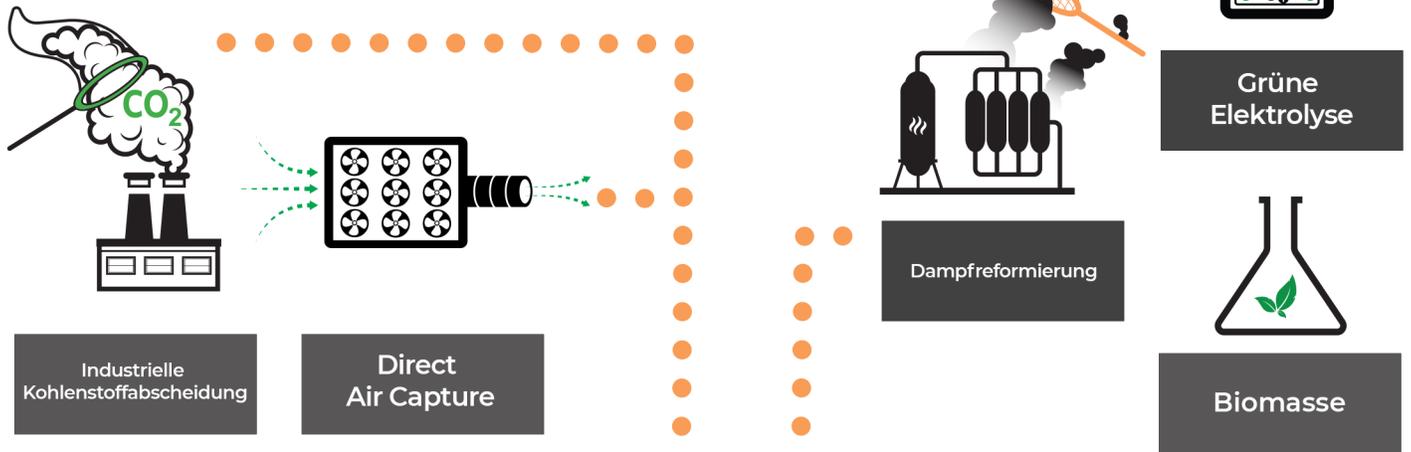
Sicherheitsgassensoren



Materialmodifikationen für den Reaktor

# SABATIER-PROZESS

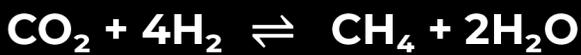
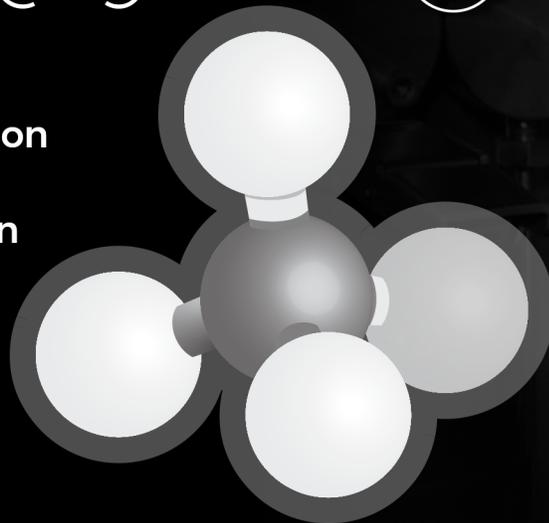
## Produktion von Methan



Kohlendioxid 

 Sauberer Wasserstoff

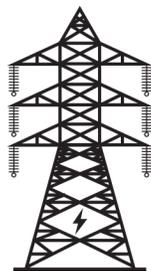
Beim Sabatier-Prozess werden durch eine Reaktion von Wasserstoff mit Kohlendioxid bei erhöhten Temperaturen Methan und Wasser erzeugt.



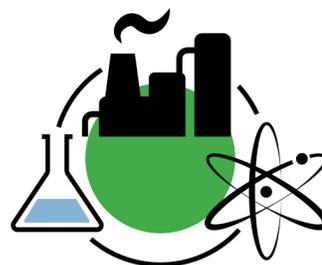
Sabatier-Prozess



Heizung



Strom



Andere industrielle Anwendungen



Nachhaltiger Fahrzeugkraftstoff

# HYDRIERUNG

## ANPASSBARE STRÖMUNGSREAKTORPLATTFORM

### Standardkonfiguration

- **Patentierter L/G-Abscheider** mit geringem Totvolumen für präzise Untersuchungen von Katalysatoraktivität und Reaktionskinetik.
- **Flüssigkeits-HPLC-Pumpe** mit integriertem Massendurchflussmesser zur präzisen, stabilen Steuerung der Zufuhr und Temperaturregelung bis zu 80 °C für schwere Kohlenwasserstoffe.



L/G-Abscheider



Flüssigkeits-HPLC-Pumpe



Strömungsreaktor (FR-200)

### Empfohlene Optionen

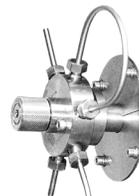
- **Integrierte Flüssigkeits- und Gasauslassmessungen** zur Bestimmung der Massenbilanz und der Reaktionsausbeute.
- **Autosampler** zur Untersuchung des flüssigen Produkts in benutzerdefinierten Intervallen.
- **Automatisches Bypass-Ventil** zur Entnahme von Proben aller Dampfphasenprodukte, um die Kinetik zu verstehen.
- **Sicherheitsgassensoren** zur Erkennung von H<sub>2</sub>-Lecks, integriert in das Sicherheitssystem.
- **Flüssigkeitsverdampfer** (50–450 °C) für Forscher, die ihre flüssigen Ausgangsstoffe verdampfen müssen.



Integrierte Flüssigkeits-/Gasauslassmessungen



Autosampler



Automatisches Bypass-Ventil

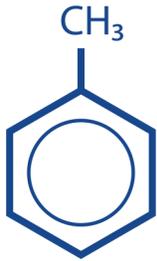


Sicherheitsgassensoren

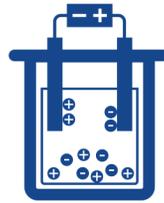


Flüssigkeitsverdampfer

# HYDRIERUNG und Dehydrierung



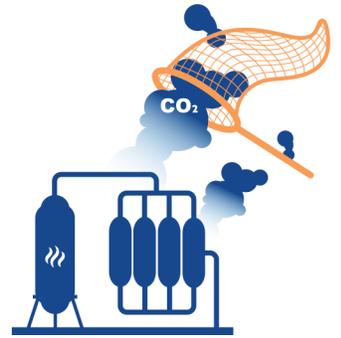
Ausgangsstoff  
Toluol



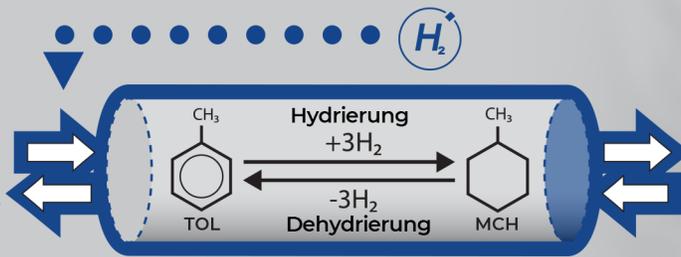
Elektrolyse



Biomasse



Dampfreformierung



Flüssiger organischer  
Wasserstoffträger

Die Hydrierung ist eine chemische Reaktion zwischen Wasserstoff und einer anderen Verbindung, die in der Regel in Anwesenheit eines Katalysators stattfindet.



Chemische Industrie



Stromerzeugung



Heizung



Brennstoffzellen

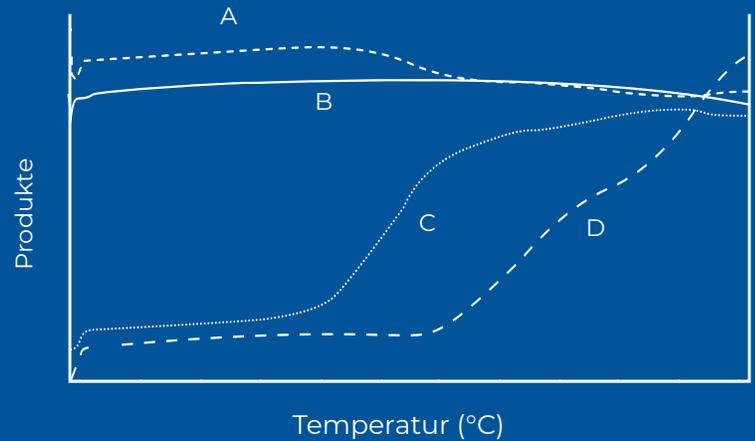


Nachhaltiger  
Flugzeugtreibstoff

# FLEXIBLE REAKTORPLATTFORM

## ANPASSBAR AN EINE VIELZAHL VON CHEMISCHEN REAKTIONEN

Die modularen Fähigkeiten der Strömungsreaktoren der **FR-Serie** unterstützen eine Vielzahl von katalytischen chemischen Reaktionen. Eingangsströme, Reaktandenfluss, Betriebsbedingungen und Produktanalyse können den spezifischen Anforderungen entsprechend konfiguriert werden.



Dutzende von Optionen



Ventil für hochauflösende Druckregelung



L/L/G-Abscheider



Hochdruck-Dosiersystem



Autosampler



Materialmodifikationen

# In-situ-Katalysatorcharakterisierungssystem (ICCS)

## Hochentwickelte Charakterisierungseinheit für den Strömungsreaktor

Das ICCS von Micromeritics bietet eine hochentwickelte Katalysatorcharakterisierung für den Strömungsreaktor, die zum Verständnis der Auswirkungen von Reaktionsbedingungen auf ausschlaggebende Parameter beiträgt.

- Charakterisierung ohne Entfernen des Katalysators aus dem Reaktor.
- Einsatz von TPR, TPD, TPO sowie Puls-Chemisorption.
- Analyse kann sowohl vor als auch nach der Reaktion erfolgen.
- Möglichkeiten der Hochdruckanwendung.

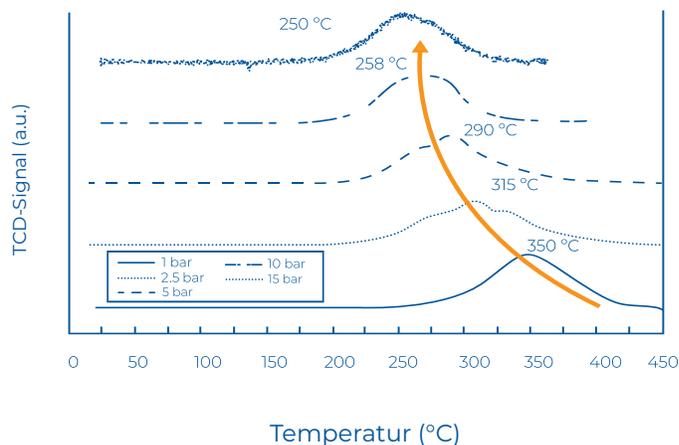
## Vorteile der In-Situ-Katalysatorcharakterisierung

- Überwachung von Veränderungen an Aktivstellen, Oxidationszuständen, Metalldispersion und Desorptionsverhalten.
- Bestimmung des Deaktivierungsmechanismus zur Maximierung der Lebensdauer der Katalysatoren.
- Verständnis der Leistungsveränderungen über längere Zeiträume.



ICCS

## EINFLUSS DES DRUCKS AUF DIE REDUKTIONSTEMPERATUR



Diese Abbildung zeigt die Verschiebung der Reduktionstemperatur eines CuO-Katalysators als Funktion des steigenden Drucks.

FÜR WEITERE INFORMATIONEN  
QR-CODE SCANNEN



**WENDEN SIE SICH NOCH HEUTE AN UNS!**

[micromeritics.com/worldwide](https://micromeritics.com/worldwide)



**Micromeritics Instrument Corporation**

4356 Communications Drive, Norcross, GA 30093 USA

Tel.: +1 770-662-3636

© 2023 Micromeritics Instrument Corp. Alle Rechte vorbehalten. Alle Warenzeichen und Marken sind Eigentum von Micromeritics und deren Tochtergesellschaften, sofern nicht anders angegeben. Das DNV-Logo ist Eigentum von Det Norske Veritas. Das Intertek ETL-Logo ist Eigentum von Intertek. Das IEC IECEE-Logo ist Eigentum von IEC. Änderungen von technischen Daten, Bedingungen und Preisen vorbehalten. Nicht alle Produkte sind in allen Ländern erhältlich. Weitere Informationen erhalten Sie bei Ihrem Vertriebshändler vor Ort.