

## **SEPURAN® Green**

Membrantechnologie  
zur effizienten Aufbereitung  
von Biogas



EVONIK IST EIN WELTWEIT  
FÜHRENDES UNTERNEHMEN  
DER SPEZIALCHEMIE.

DAS UNTERNEHMEN GEHT  
WEIT ÜBER DIE CHEMIE HINAUS,  
UM DEN KUNDEN INNOVATIVE,  
WERTBRINGENDE UND NACH-  
HALTIGE LÖSUNGEN ZU  
SCHAFFEN.

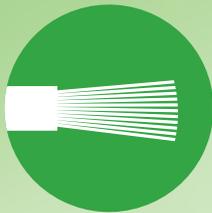
Als ein globaler Innovationsführer  
in der membranbasierten Separations-  
technologie bringen wir die Chemie  
von Hochleistungspolymeren zu  
hocheffizienten Membranen für die  
Gastrennung, die Nanofiltration  
organischer Lösungsmittel und die  
Abtrennung flüchtiger organischer  
Verbindungen.

SEPURAN® steht für maßgeschneiderte  
Hohlfasermembranen zur effizienten  
Gastrennung. Das erste Produkt der  
Membranfamilie ist SEPURAN® Green  
zur Aufbereitung von Biogas in  
hochreines Biomethan. Wir wollen  
die Umwandlung organischer Abfälle  
in grüne Energiequellen wie alter-  
native Kraftstoffe einfach und nach-  
haltig unterstützen.



EVONIK  
AKTIVITÄTEN

Polymer



Membran



Modulsystem



EVONIK  
TECHNOLOGIESUPPORT

OEM-Partner



ANWENDUNG

## INHALT

<b>Eine runde Sache</b> Effiziente Kreislaufwirtschaft dank SEPURAN® Green	4
<b>Wertschöpfungskette</b> Substrate Möglichkeiten zur Nutzung von Bio-CO <sub>2</sub>	6
<b>Abfall zu Kraftstoff</b> Effiziente Aufbereitung von Biogas	8
<b>Wie arbeitet die Membran?</b>	10
<b>SEPURAN® Green Produktportfolio</b> Produktüberblick Neue Generation G5X	11
<b>Prozessoptionen</b> Patentierete 3-Stufen Verfahren	12
<b>Weltweite Referenzen</b>	14

### GLOSSAR

Komprimiertes Erdgas	CNG
Flüssigerdgas	LNG
Erneuerbares Erdgas	RNG

# EINE RUNDE SACHE

Effiziente Kreislaufwirtschaft  
dank SEPURAN® Green





# SUBSTRATE

Biomethan kann wesentlich dazu beitragen, klimaschädliche Treibhausgasemissionen zu verringern:

Es kann fossiles Erdgas in zahlreichen Anwendungen ersetzen. Chemisch handelt es sich um dasselbe Molekül, daher repräsentiert es eine klimafreundliche und energetisch gleichwertige Alternative.

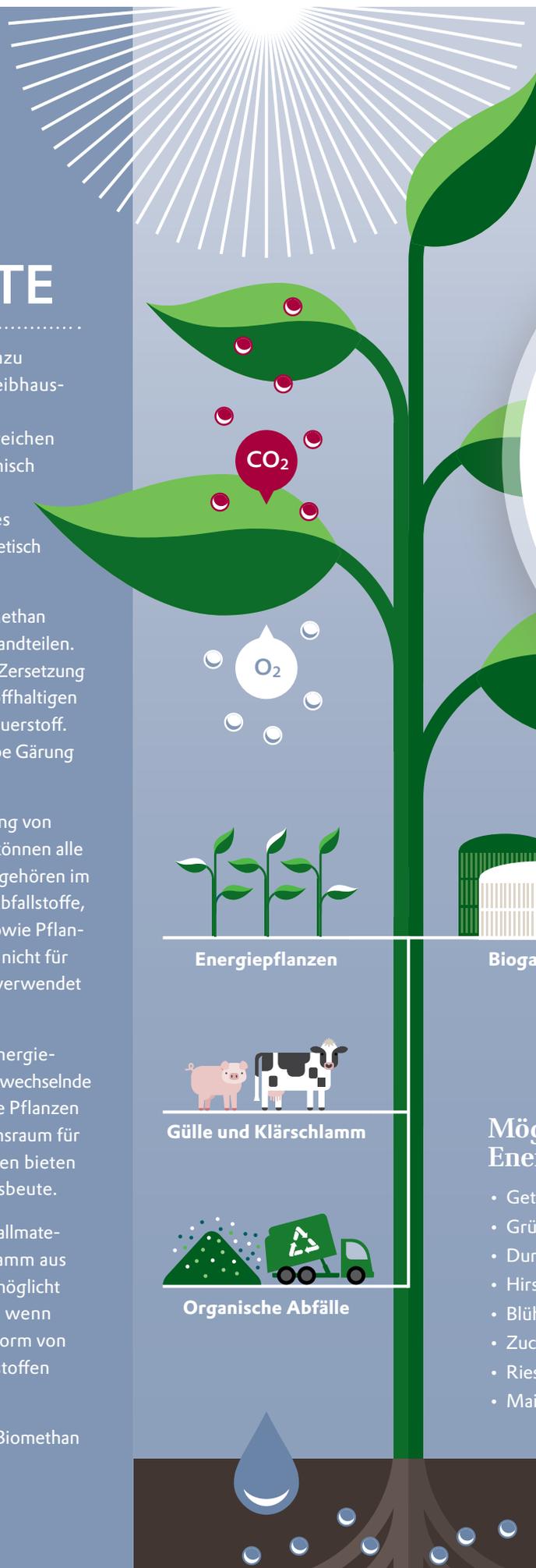
Biogas ist ein Gasmisch mit Methan und Kohlendioxid als Hauptbestandteilen. Es entsteht durch die mikrobielle Zersetzung von organischen, d.h. kohlenstoffhaltigen Stoffen unter Ausschluss von Sauerstoff. Dieser Vorgang wird als anaerobe Gärung bezeichnet.

Ausgangsstoffe für die Erzeugung von Biogas, sogenannte Substrate, können alle Arten von Biomasse sein. Dazu gehören im Allgemeinen Gülle, Rest- und Abfallstoffe, Klärschlamm aus Kläranlagen sowie Pflanzenreste und Nutzpflanzen, die nicht für die Nahrungsmittelproduktion verwendet werden.

Die Vielfalt der sogenannten Energiepflanzen ermöglicht eine jährlich wechselnde Fruchtfolge, und blütenbildende Pflanzen können einen natürlichen Lebensraum für Insekten bieten. Energiepflanzen bieten den Vorteil einer hohen Gasausbeute.

Die Nutzung von Rest- und Abfallmaterialien wie Gülle oder Klärschlamm aus der Abwasseraufbereitung ermöglicht eine ideale Kreislaufwirtschaft, wenn das daraus erzeugte Biogas in Form von Wärme, Elektrizität und Brennstoffen regional genutzt werden kann.

Auch aus Deponiegas lässt sich Biomethan erzeugen.



Energiepflanzen

Biogasanlage

Aufbereitung

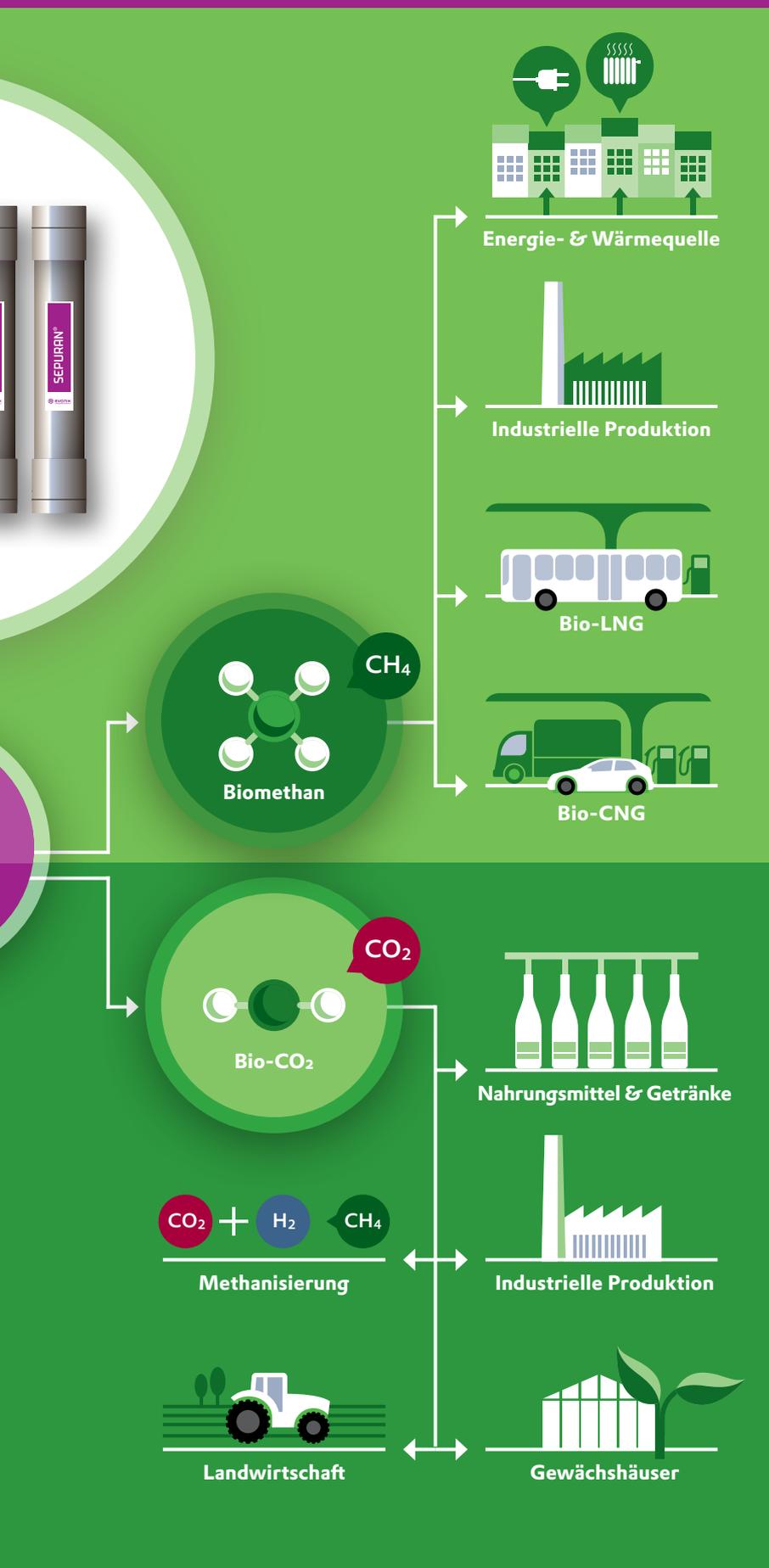
Gülle und Klärschlamm

Organische Abfälle

## Mögliche Energiepflanzen

- Getreidesilage
- Grünroggen
- Durchwachsene Silphie
- Hirse
- Blümmischungen
- Zuckerrüben
- Riesenweizengras
- Mais

# WERTSCHÖPFUNG



## BIO-CO<sub>2</sub> NUTZUNG

Am Anfang des CO<sub>2</sub>-Kreislaufs steht die Photosynthese. Dabei entziehen die Pflanzen der Atmosphäre Kohlendioxid und wandeln es mithilfe von Wasser, Mineralstoffen und Sonnenlicht in organische Masse um – es wird also der Atmosphäre entzogen und gebunden. Bei der anaeroben Gärung dieser organischen Masse wird das erzeugt, was als Biogas bekannt ist.

Durch die hocheffiziente Aufreinigung von Biogas mithilfe der Membrantechnologie von Evonik entstehen zwei hochreine Produkte: Biomethan und Bio-CO<sub>2</sub>.

Biomethan repräsentiert die energetisch gleichwertige Alternative zu fossilem Erdgas. Es verfügt über die gleichen stofflichen und energetischen Eigenschaften, ist aber erneuerbar. Der Biomethan-Zyklus ist nachhaltig und setzt keine zusätzlichen fossilen Treibhausgasemissionen frei. Daher lässt sich Biomethan auf vielfältige Weise einsetzen: stofflich, z.B. in der chemischen Produktion, energetisch als Wärmequelle oder auch als Kraftstoff in Form von Bio-CNG und Bio-LNG. In integrierten Systemen kann Biogas oder Biomethan für den Antrieb des gesamten Prozesses eingesetzt werden. Durch Einspeisung in das Gasnetz lässt es sich auch speichern und transportieren.

Die Nutzung von Bio-CO<sub>2</sub> ist bislang noch nicht weit verbreitet. Die Verflüssigung des Gases bietet die Möglichkeit, das hochreine CO<sub>2</sub> nutzbar und speicherfähig zu machen. Das Bio-CO<sub>2</sub> lässt sich anschließend beispielsweise in Gewächshäusern zur Förderung des Pflanzenwachstums oder in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie sowie als Rohstoff für die industrielle Produktion einsetzen. Es kann auch für die Methanisierung verwendet werden, bei der Bio-CO<sub>2</sub> mit Wasserstoff reagiert, und so synthetisches Methan erzeugt wird.

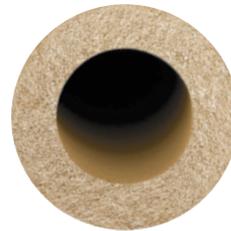


Evonik macht  
es möglich,  
organische Abfälle  
in grüne Energie  
umzuwandeln.

Dank der innovativen Membrantechnologie von Evonik lässt sich Biogas, das beispielsweise während der Abwasserbehandlung oder der anaeroben Vergärung von Hausmüll freigesetzt wird, einfach und effizient zu reinem Biomethan aufbereiten und direkt in das Erdgasnetz einspeisen oder als alternativer Kraftstoff nutzen.

Effiziente  
Aufbereitung  
von Biogas

# KRAFTSTOFF AUS ABFALL



**Evonik ist ein Technologieführer in hochleistungsfähigen Polymeren. Wir bieten Hohlfasermembranen zur effizienten und energiesparenden Gastrennung.**

Evonik macht es möglich, Biomasse wie organische Abfälle in alternative Kraftstoffe umzuwandeln. Biogas lässt sich leicht zu Biomethan aufbereiten und kann lokal in flüssiger (Bio-LNG) Form als klimafreundlicher Kraftstoff genutzt werden. Die dezentrale Bereitstellung von Bio-LNG verkürzt die Transportwege des Kraftstoffs und senkt die Transportkosten.

Der Einsatz von regional verfügbaren Substraten macht es möglich, den Kraftstoff aus der Region für die Region bereitzustellen. Darüber hinaus werden entlang der lokalen Wertschöpfungskette neue Arbeitsplätze geschaffen.

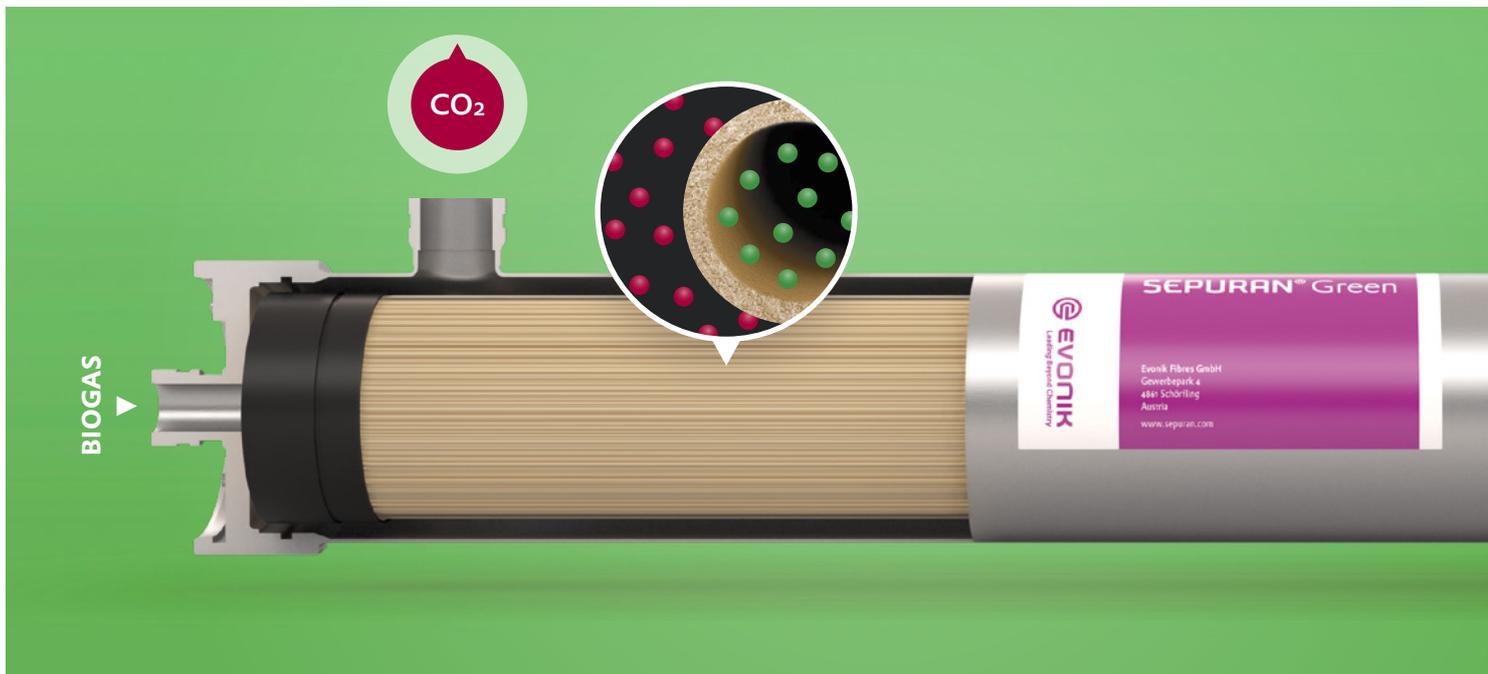
Ein weiterer Vorteil der dezentralen Produktion von Bio-LNG als alternativem Kraftstoff ist eine Verringerung der Abhängigkeit von anderen Ländern bei der Einfuhr von Kraftstoffen und Energie.

Im Vergleich zu anderen Verkehrsalternativen im Rahmen einer klimaneutralen Mobilität wird Biomethan heute bereits erfolgreich eingesetzt, steht in relevanten Mengen zur Verfügung und leistet einen wesentlichen Beitrag zur Defossilisierung des Güterverkehrs.

Die Umweltvorteile von Biomethan als klimafreundlichem Kraftstoff liegen auf der Hand: Der Vergleich mit Dieselmotoren zeigt, dass gasbetriebene Fahrzeuge

- bis zu 80 Prozent weniger CO<sub>2</sub> ausstoßen als konventionelle Dieselmotoren,\*
- rund 99 Prozent weniger Feinstaubpartikel freisetzen,
- die Stickoxidemissionen um rund 90 Prozent verringern,
- rund 50 Prozent weniger Lärm verursachen.

\* well-to-wheel; [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-Studie\\_Bio\\_LNG.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-Studie_Bio_LNG.pdf)



# WIE FUNKTIONIERT DIE MEMBRAN?

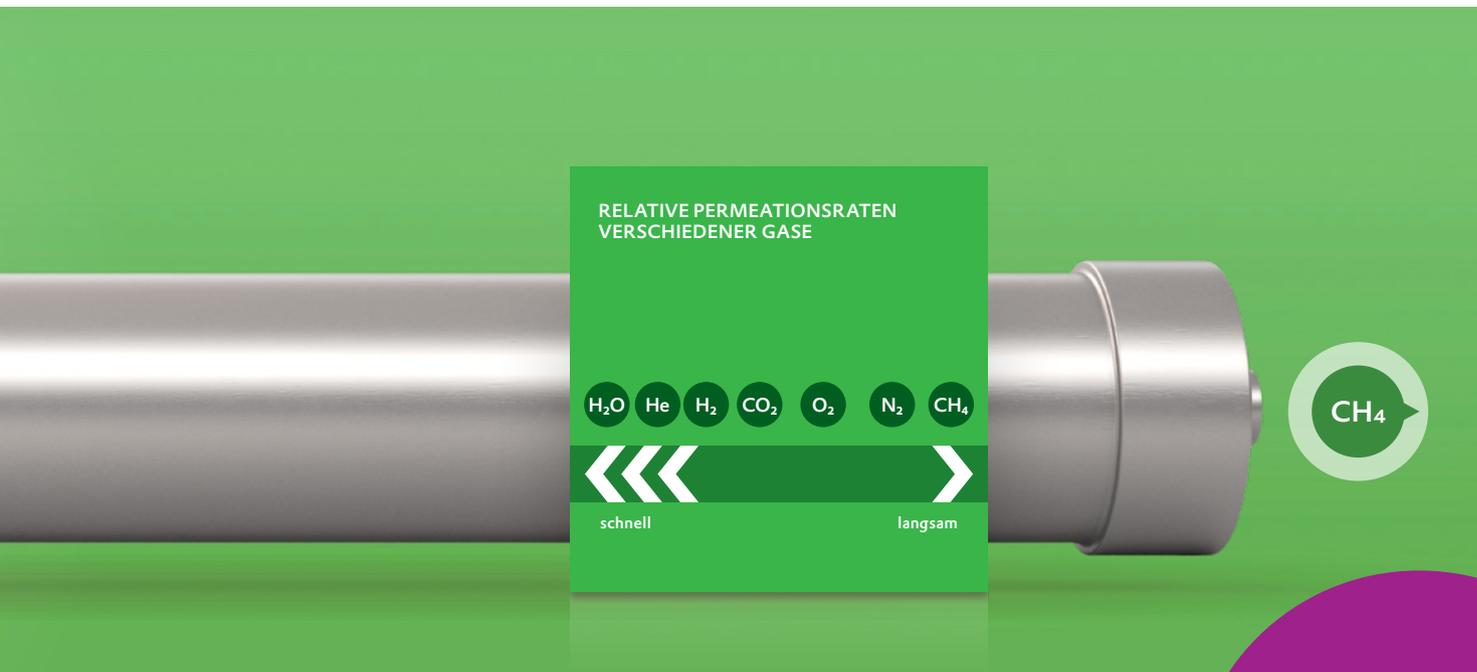
**Gastrennmembranen arbeiten nach dem Prinzip der selektiven Permeation über die Membranoberfläche. Die treibende Kraft für die Permeation des Gases durch die Membrane ist die Differenz zwischen dem Partialdruck des Gases auf der Retentatseite (dem Inneren der Hohlfaser) und auf der Permeatseite (dem Äußeren der Hohlfaser).**

Je größer diese Differenz ist, desto größer ist der Anteil des Gases, das die Membrane durchdringt. Bei einer Trennung wie beispielsweise von Kohlendioxid und Methan, erfolgt die Permeation von Kohlendioxid durch die Membrane sehr viel schneller, während das Methan darin zurückgehalten wird. Die für die Trennung erforderliche Antriebskraft wird durch ein Partialdruckgefälle erzielt.

Die Permeationsrate der einzelnen Gase hängt von ihrer Löslichkeit im Membranmaterial und ihrer Diffusionsrate ab. Gase mit einer höheren Löslichkeit und kleinerer Molekülgröße durchdringen die Membrane schneller als weniger lösliche Gase mit größeren Molekülen. Das Verhältnis der Transportgeschwindigkeiten von zwei Gasen wird als Selektivität bezeichnet.

**Je höher die Selektivität, desto höher ist die Energieeffizienz des daraus resultierenden Membranprozesses.**





Mehr als  
10 Jahre stabile  
Leistung!

## DAS SEPURAN® GREEN SYSTEM

### Vorteile

- Geringerer Energieverbrauch durch Recyclingraten von 30 bis 40%
- Keine Hilfsstoffe wie Wasser oder Sorbensen erforderlich
- Keine Emissionen in die Umwelt
- Trennung bei Umgebungstemperatur möglich
- Geringer Platzbedarf
- Kontinuierlicher Trennprozess
- Einfacher, modularer Aufbau
- Flexibel und einfach zu erweitern
- Sehr hohe Selektivität
- Hohe Ausbeuten von > 99%
- Hohe Reinheit

Neue Faser-  
generation G5X in  
verschiedenen  
Größen erhältlich

4, 6 und 6 Zoll lang!

Das Membranmodul kann einem mit Druck beaufschlagten Gasmisch standhalten, wobei sich mehrere Module miteinander verbinden lassen. Der einfache, leicht zu handhabende Aufbau führt zu einer kompakten Aufbereitungsanlage.

Derzeit werden die Edelstahlgehäuse für die SEPURAN® Green Kartuschen in Übereinstimmung mit den jeweiligen länderspezifischen Vorschriften gefertigt. Dies ermöglicht Anlagenbauern eine flexible Anpassung an lokale Vorschriften für Druckbehälter. Es stehen Gehäuse für Drücke bis 20 bara, 25 bara und bis 40 bara zur Verfügung. Die Kartusche und das Gehäuse bilden zusammen das SEPURAN® Green Membranmodul.

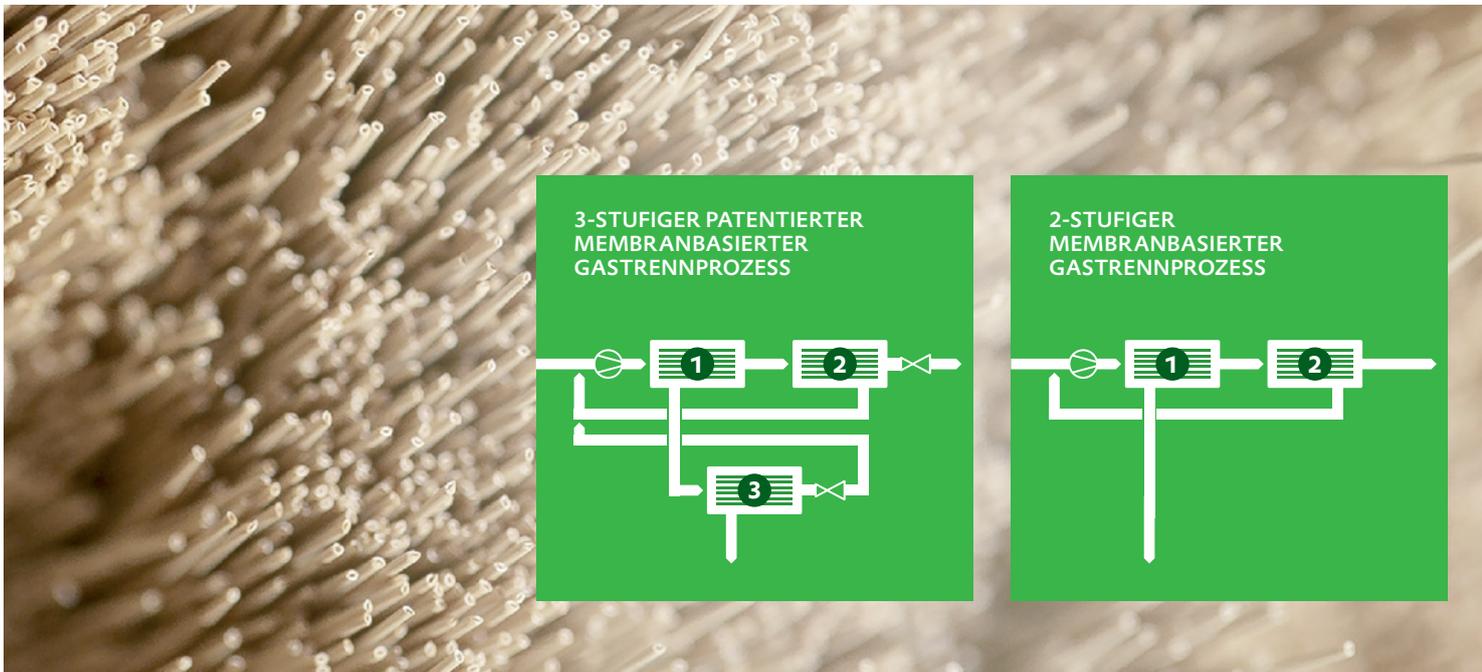
Evonik bietet heute SEPURAN® Green Membranen und Kartuschensysteme zur Biogasaufbereitung in verschiedenen Größen an. Verfügbar sind Membranen mit einem Durchmesser von 4 Zoll oder 6 Zoll – passend für alle Anlagengrößen.

### NEU! GENERATION G5X

SEPURAN® Green G5X steht für die neueste Membrangeneration und ergänzt das aktuelle Produktportfolio für die Biogasaufbereitung.

Die innovative G5X Faser kombiniert zugleich hohe Selektivität und hohe Kapazität, was zu einer höheren Leistung bei geringeren Kosten führt.

Das Produkt ist in drei verschiedenen Größen erhältlich, um unterschiedliche Projektgrößen abzudecken, und bietet so eine optimale individuelle Lösung – vom landwirtschaftlichen bis zum industriellen Maßstab.



# MARKT- UND PROJEKT-SPEZIFISCHE PROZESSOPTIONEN

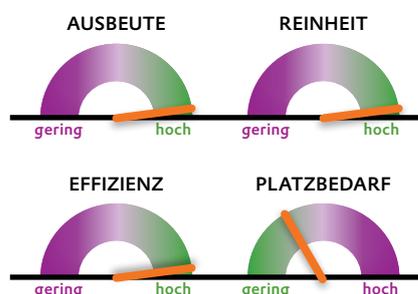
Der Markteintritt von Evonik in die Biogasaufbereitung im Jahr 2011 hat den Markt vollständig revolutioniert und neue Technologiestandards gesetzt. Die Einführung der hochselektiven SEPURAN® Green Membran in Kombination mit einem patentgeschützten 3-Membranen-Stufen Prozess ermöglichte hohe Methanausbeuten und hohe Produktreinheiten bei optimiertem Energieverbrauch.

Selbst der damals gebräuchlichere 2-Membranen-Stufen Prozess wird derzeit insbesondere auf Capex-sensiblen Märkten mehr und mehr durch den hocheffizienten 3-Stufen Prozess verdrängt.

## Höchst effizient mit 3-stufigem SEPURAN® Green

Märkte, die hohe Effizienz und maximale Leistung verlangen, entscheiden sich für den patentierten 3-Stufen Prozess

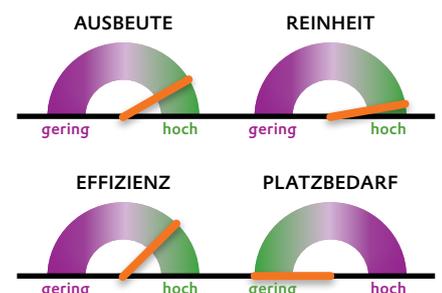
Die von den Kunden bevorzugte patentierte Lösung von Evonik mit mehr als 1.000 Referenzen weltweit reduziert den Verlust von wertvollem erneuerbarem Gas auf ein Minimum und maximiert damit die Menge an verkauftem Gas. Die Einfachheit einer Lösung mit einem einzigen Verdichter mit einem minimal erforderlichen Rückfluss sorgt für geringsten Wartungsaufwand bei höchster Betriebszeit. Mit seinem patentierten 3-stufigen membranbasierten Gastrennverfahren hat Evonik neue europäische Effizienzstandards für die Aufbereitung von Biogas gesetzt.



## Wirtschaftlich optimiert mit SEPURAN® Green S2F

Märkte, die eine geringere Anfangsinvestition mit einfachen Prozessdesigns und weniger Kontrollparametern wünschen, können sich für den 2-stufigen Prozess entscheiden

Mit einem 2-stufigen Prozess, der eine gute Effizienz (<2% Methanschluß) bei geringeren Kosten und weniger Platzbedarf bietet, lassen sich gute Ausbeuten und ein kapitalkostenoptimiertes Verfahren erzielen.



# 3-STUFEN PROZESS

## Patentierter 3-Stufen Prozess

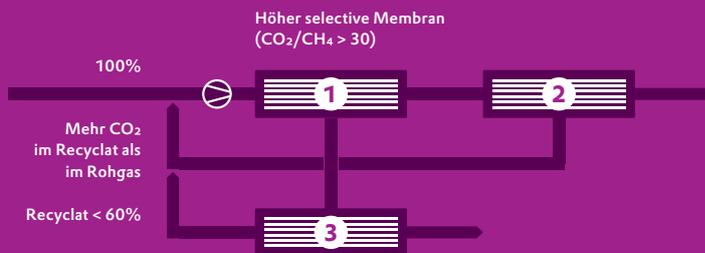
Der von Evonik entwickelte  
3-stufige Membranprozess ist in  
allen wichtigen Märkten patentiert.

Kernstück des Trennverfahrens sind die innovativen Hohlfasermembranen der Marke SEPURAN® Green von Evonik. Diese bestehen aus einem von Evonik entwickelten Hochleistungspolymer, das hohen Drücken und Temperaturen standhält. Die Membranen verfügen außerdem über eine hervorragende Selektivität. In Kombination mit dem dreistufigen Trennverfahren können Rückflüsse minimiert werden, das trägt dazu bei, die Energiekosten von Biogasaufbereitungsanlagen zu optimieren und erfordert nur einen Verdichtungsschritt.

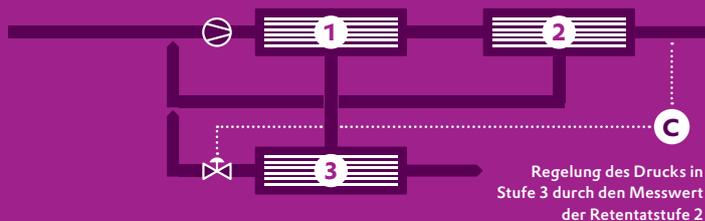
Evonik arbeitet mit einer ausgewählten Gruppe von strategischen Partnern zusammen, welche die SEPURAN® Green Membranen in ihr Anlagendesign und -engineering integrieren. So werden die Membranen schließlich Teil einer schlüsselfertigen Biogasaufbereitungsanlage. Die Evonik-Partner sind berechtigt, Anlagen anzubieten, die mit dem von Evonik entwickelten und patentierten 3-Stufen Verfahren betrieben werden können, das die Trenneigenschaften der SEPURAN® Green Membranen optimal nutzt.

Der geschützte Prozess ermöglicht einen hocheffizienten Betrieb mit hohen Ausbeuten und geringeren Betriebskosten. Evonik-Partner können mit dem SEPURAN® Green Zertifikat anerkannt werden.

US 8999038 B2



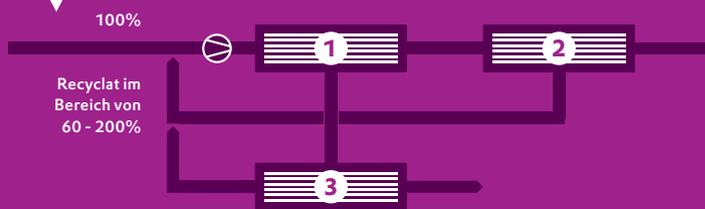
EP 2996794 B1



EP 3240620 B1\*

US 10471380 B2

Trennkapazität der Stufe 2 ist  
größer als die der Stufe 1



Das Verhältnis der Trennkapazität von Stufe 3  
gegenüber der Stufe 1 liegt im Bereich von 0.5 - 3

$$\frac{(\text{Druckverhältnis}) \cdot \left( \frac{\text{Zuführung}}{\text{Permeat}} \text{ von Stufe 3} \right)}{(\text{Druckverhältnis}) \cdot \left( \frac{\text{Zuführung}}{\text{Permeat}} \text{ von Stufe 1} \right)} = 0.5 - 3$$

\*Erteilt in den USA

## BRANDNEU: ZERTIFIKAT!



# MEHR ALS 1.000 REFERENZEN WELTWEIT



## USA, Wisconsin

- Gülle
- 560 Nm<sup>3</sup>/h
- Netzeinspeisung



## USA, Hawaii, Honolulu

- Abwasser
- 600 Nm<sup>3</sup>/h
- Netzeinspeisung



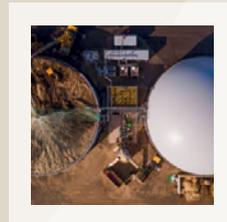
## USA, Lawrence, KS

- Mülldeponie
- 2.500 Nm<sup>3</sup>/h
- Netzeinspeisung



## Frankreich, Toulouse

- Abwasser
- 1.600 Nm<sup>3</sup>/h
- Netzeinspeisung



## Frankreich, Germigny

- Pflanzen
- 300 Nm<sup>3</sup>/h
- Netzeinspeisung

### Schweden, Jönköping

- Organischer Mist
- 430 Nm<sup>3</sup>/h
- Bio-CNG Herstellung



### China, Penglai City

- Hühnermist
- 1.500 Nm<sup>3</sup>/h
- Bio-CNG Herstellung



### Korea, Seoul

- Abwasser
- 1.500 Nm<sup>3</sup>/h
- Netzeinspeisung



### Italien, Verolanuova (BS)

- Landwirtschaftliche Abfälle
- 550 Nm<sup>3</sup>/h
- Bio-LNG Herstellung



### Anlagenanzahl



1-10



11-30



31-50



> 50

Besuchen Sie unsere interaktive Referenz-Weltkarte!





**Besuchen Sie  
unsere Internetseite!**

Diese Informationen sowie alle technischen und sonstigen Hinweise beruhen auf den derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen von Evonik. Evonik übernimmt jedoch keine Haftung für solche Auskünfte oder Hinweise, auch nicht insoweit, als sich diese Informationen oder Hinweise auf geistige Eigentumsrechte Dritter beziehen. Evonik behält sich das Recht vor, jederzeit und ohne vorherige oder spätere Ankündigung Änderungen an den Informationen oder Hinweisen vorzunehmen.

EVONIK LEHNT ALLE AUSDRÜCKLICHEN ODER STILLSCHWEIGENDEN ZUSICHERUNGEN UND GARANTIE AB UND ÜBERNIMMT KEINE HAFTUNG FÜR DIE MARKTGÄNGIGKEIT DES PRODUKTS ODER SEINE EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK (SELBST, WENN EVONIK VON EINEM SOLCHEN ZWECK KENNTNIS HAT) ODER IN SONSTIGER WEISE. EVONIK IST NICHT VERANTWORTLICH FÜR FOLGESCHÄDEN, INDIRECTE ODER ZUFÄLLIGE SCHÄDEN (EINSCHLIESSLICH ENTGANGENER GEWINNE) ALLER ART.

Es obliegt der alleinigen Verantwortung des Kunden, eine Inspektion und Prüfung aller Produkte durch qualifizierte Experten zu veranlassen. Die Erwähnung von Markennamen, die von anderen Unternehmen verwendet werden, stellt weder eine Empfehlung noch eine Befürwortung des entsprechenden Produkts dar und bedeutet nicht, dass vergleichbare Produkte nicht verwendet werden könnten.

\* = eingetragenes Warenzeichen

**Evonik Fibres GmbH**

Gewerbepark 4  
4861 Schörfling  
Austria

PHONE +43 7662 6006-0  
sepuran@evonik.com

[www.sepuran-green.de](http://www.sepuran-green.de)  
[www.evonik.de](http://www.evonik.de)

**Evonik Corporation**

High Performance Polymers  
Parsippany, NJ 07054  
United States

PHONE +1 973 929-8000

**Evonik Specialty Chemicals  
(Shanghai) Co., Ltd.**

55 Chundong Road  
Xinzhuang Industry Park  
Shanghai 201108